

PCT/JP 2004/008314

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

15. 6. 2004

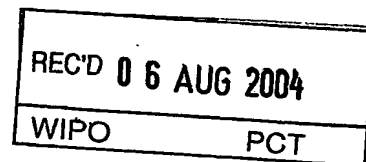
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 9 月 2 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 1 0 3 5 0
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 1 0 3 5 0]

出 願 人
Applicant(s): サンケン電気株式会社

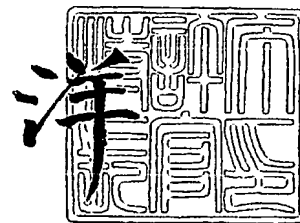


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 7 月 2 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 6 4 7 0 4

【書類名】 特許願
【整理番号】 K0318
【提出日】 平成15年 9月 2日
【あて先】 特許庁長官 殿
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県新座市北野 3 丁目 6 番 3 号 サンケン電気株式会社内
 【氏名】 臼井 浩
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県新座市北野 3 丁目 6 番 3 号 サンケン電気株式会社内
 【氏名】 古越 隆一
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県新座市北野 3 丁目 6 番 3 号 サンケン電気株式会社内
 【氏名】 福本 征也
【特許出願人】
 【識別番号】 000106276
 【氏名又は名称】 サンケン電気株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100082049
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 清水 敬一
 【電話番号】 03-3760-5351
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 014546
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

直流電源に接続されて 1 次側回路を構成する少なくとも 1 つの主スイッチング素子及びトランスの 1 次巻線と、前記トランスの 1 次巻線と電磁的に結合する 2 次巻線と負荷との間に接続され、2 次側回路を構成する少なくとも 1 つの整流用スイッチング素子とを備え、前記主スイッチング素子のスイッチング動作に同期して前記整流用スイッチング素子を駆動することにより、前記 2 次側回路から前記負荷に直流出力を供給する同期整流型 DC-DC コンバータにおいて、

前記 1 次側回路に流れる電流を検出する電流検出手段と、前記トランスの励磁電流に対応する電圧よりも大きいバイアス電圧を発生するバイアス手段と、前記電流検出手段の検出電圧が前記バイアス手段のバイアス電圧を超えたとき、前記整流用スイッチング素子を駆動する比較手段とを備えたことを特徴とする同期整流型 DC-DC コンバータ。

【請求項 2】

直流電源に接続されて 1 次側回路を構成する少なくとも 1 つの主スイッチング素子及びトランスの 1 次巻線と、前記トランスの 1 次巻線と電磁的に結合する 2 次巻線と負荷との間に接続され、2 次側回路を構成する少なくとも 1 つの整流用スイッチング素子とを備え、前記主スイッチング素子のスイッチング動作に同期して前記整流用スイッチング素子を駆動することにより、前記 2 次側回路から前記負荷に直流出力を供給する同期整流型 DC-DC コンバータにおいて、

前記 1 次側回路に流れる電流を検出する電流検出手段と、バイアス電圧を発生するバイアス手段と、前記トランスの励磁電流に対応する電圧に比例する傾斜信号を発生する傾斜信号発生手段と、前記電流検出手段の検出電圧が前記バイアス手段のバイアス電圧と前記傾斜電圧発生手段の傾斜信号との重畳信号の電圧を超えたとき、前記整流用スイッチング素子を駆動する比較手段とを備えたことを特徴とする同期整流型 DC-DC コンバータ。

【請求項 3】

直流電源に接続されて 1 次側回路を構成する少なくとも 1 つの主スイッチング素子及びトランスの 1 次巻線と、前記トランスの 1 次巻線と電磁的に結合する 2 次巻線と負荷との間に接続され、2 次側回路を構成する少なくとも 1 つの整流用スイッチング素子とを備え、前記主スイッチング素子のスイッチング動作に同期して前記整流用スイッチング素子を駆動することにより、前記 2 次側回路から前記負荷に直流出力を供給する同期整流型 DC-DC コンバータにおいて、

前記 1 次側回路に流れる電流を検出する電流検出手段と、バイアス電圧を発生するバイアス手段と、前記トランスの励磁電流に対応する電圧に比例する傾斜信号を発生する傾斜信号発生手段と、前記電流検出手段の検出電圧と前記傾斜電圧発生手段の傾斜信号との重畳信号の電圧が前記バイアス手段のバイアス電圧を超えたとき、前記整流用スイッチング素子を駆動する比較手段とを備えたことを特徴とする同期整流型 DC-DC コンバータ。

【請求項 4】

前記傾斜信号発生手段は、前記トランスの 2 次巻線又は該 2 次巻線の電圧に相当する電圧を出力する巻線に接続され、該巻線の電圧の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号を出力する積分回路で構成される請求項 2 又は 3 に記載の同期整流型 DC-DC コンバータ。

【請求項 5】

前記傾斜信号発生手段は、前記トランスの 2 次巻線又は該 2 次巻線の電圧に相当する電圧を出力する巻線に接続され、該巻線の電圧の周波数に同期するパルス信号を出力する周波数信号発生手段と、該周波数信号発生手段の出力パルス信号の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号を出力する積分回路とを有する請求項 2 又は 3 に記載の同期整流型 DC-DC コンバータ。

【請求項 6】

前記傾斜信号発生手段は、前記主スイッチング素子のスイッチング周波数の基準となる発振器のパルス信号を該パルス信号の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号に変換する波形変換手段で構成される請求項 2 又は 3 に記載の同期整流型 DC-DC コンバータ。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 同期整流型 DC-DC コンバータ

【技術分野】

【0001】

本発明は、2次側回路でのスイッチング損失を低減することにより変換効率の向上を図った同期整流型 DC-DC コンバータに関する。

【背景技術】

【0002】

直流電源に接続されて1次側回路を構成する少なくとも1つの主スイッチング素子及びトランスの1次巻線と、トランスの1次巻線と電磁的に結合する2次巻線と負荷との間に接続され2次側回路を構成する少なくとも1つの整流用スイッチング素子とを備え、主スイッチング素子のスイッチング動作に同期して整流用スイッチング素子を駆動することにより2次側回路から負荷に直流出力を供給する同期整流型 DC-DC コンバータは、従来から高効率のスイッチング電源装置として知られている。例えば、図14に示す従来の同期整流型 DC-DC コンバータは、直流電源(1)に対して直列に接続された第1及び第2の主スイッチング素子としての第1及び第2の主 MOS-FET (2,3)と、第1及び第2の主 MOS-FET (2,3)の接続点と直流電源(1)の負極端子との間に接続されたトランス(4)の1次巻線(4a)と、トランス(4)の1次巻線(4a)と直列に接続された電流共振用コンデンサ(5)と、第1の主 MOS-FET (2)のドレインソース間に接続された電圧擬似共振用コンデンサ(6)と、トランス(4)の2次巻線(4b,4c)に接続された第1及び第2の整流用スイッチング素子としての第1及び第2の整流用 MOS-FET (7,8)と、第1及び第2の整流用 MOS-FET (7,8)のソースドレイン間に各々接続された第1及び第2の出力整流ダイオード(9,10)と、トランス(4)の2次巻線(4b,4c)の中間タップと第1及び第2の整流用 MOS-FET (7,8)のソースとの間に接続された出力平滑コンデンサ(11)とを備えている。第1及び第2の主 MOS-FET (2,3)、トランス(4)の1次巻線(4a)、電流共振用コンデンサ(5)、電圧擬似共振用コンデンサ(6)は1次側回路を構成し、トランス(4)の2次巻線(4b,4c)、第1及び第2の整流用 MOS-FET (7,8)、第1及び第2の出力整流ダイオード(9,10)、出力平滑コンデンサ(11)は2次側回路を構成する。

【0003】

トランス(4)は、1次巻線(4a)と電磁的に結合する駆動巻線(4d)と、1次巻線(4a)と直列に接続された漏洩インダクタンス(4e)とを有し、漏洩インダクタンス(4e)は電流共振用リアクトルとして作用する。駆動巻線(4d)には、整流ダイオード(12)及び平滑コンデンサ(13)が接続され、制御回路(21)の駆動電源端子(V_{cc})に駆動用の直流電力を供給する。直流電源(1)の正極端子と平滑コンデンサ(13)との間には起動抵抗(14)が接続され、装置起動時に直流電源(1)から起動抵抗(14)を介して平滑コンデンサ(13)を充電し、制御回路(21)を起動させる。起動抵抗(14)と第1及び第2の主 MOS-FET (2,3)の接続点との間には、チャージポンプ回路を構成する整流ダイオード(15)及び平滑コンデンサ(16)が接続され、制御回路(21)のハイサイド側の電源端子(V_B, V_S)間に直流電力を供給する。出力平滑コンデンサ(11)の両端には、直流出力電圧 V_o を検出する出力電圧検出回路(17)が接続され、その検出出力信号をフォトカプラ(18)を構成するフォトダイオード(19)及びフォトトランジスタ(20)を介して制御回路(21)の帰還信号入力端子(V_{FB})に伝達する。

【0004】

制御回路(21)は、フォトカプラ(18)を介して帰還信号入力端子(V_{FB})に入力される出力電圧検出回路(17)の検出出力信号の電圧レベルに応じて周波数が増減するパルス信号を出力する発振器(22)と、発振器(22)から出力されるパルス信号からハイサイド側の第2の駆動パルス信号 V_{G2} 及びその反転信号であるローサイド側の第1の駆動パルス信号 V_{G1} を生成する D フリップフロップ(23)と、D フリップフロップ(23)から出力される第1の駆動パルス信号 V_{G1} に一定時間のデッドタイムを付加する第1のデッドタイム付加回路(24)と、デッドタイムが付加された第1の駆動パルス信号 V_{G1} を第1の主 MOS-FET (2)のゲートに付与するローサイド側バッファ増幅器(25)と、D フリップフロップ(23)から出力され

る第2の駆動パルス信号 V_{G2} に一定時間のデッドタイムを付加する第2のデッドタイム付加回路(26)と、デッドタイムが付加された第2の駆動パルス信号 V_{G2} の電圧レベルを変換するレベル変換回路(27)と、レベル変換回路(27)から出力される第2の駆動パルス信号 V_{G2} を第2の主MOS-FET(3)のゲートに付与するハイサイド側バッファ増幅器(28)とから構成されている。これにより、出力電圧検出回路(17)の検出出力信号の電圧レベルに応じて制御回路(21)からPFM(パルス周波数変調)制御された第1及び第2の駆動パルス信号 V_{G1} 、 V_{G2} がそれぞれ第1及び第2の主MOS-FET(2,3)の各ゲートに付与されるので、出力電圧検出回路(17)の検出出力信号の電圧レベルに対応した周波数で第1及び第2の主MOS-FET(2,3)を交互にオン・オフ動作させることができる。

【0005】

また、第1の主MOS-FET(2)のゲートは第1のコンデンサ(29)及び第1のパルストランス(31)を介して第1の整流用MOS-FET(7)のゲートに接続され、第2の主MOS-FET(3)のゲートは第2のコンデンサ(30)及び第2のパルストランス(34)を介して第2の整流用MOS-FET(8)のゲートに接続されている。このため、制御回路(21)から出力される第1の駆動パルス信号 V_{G1} が第1のコンデンサ(29)を介して第1のパルストランス(31)の1次巻線(32)に入力され、2次巻線(33)から第1の駆動パルス信号 V_{G1} と同一波形の第1の同期駆動パルス信号 V_{SC1} が発生して第1の整流用MOS-FET(7)のゲートに付与される。一方、第2の駆動パルス信号 V_{G2} は第2のコンデンサ(30)を介して第2のパルストランス(34)の1次巻線(35)に入力され、2次巻線(36)から第2の駆動パルス信号 V_{G2} と同一波形の第2の同期駆動パルス信号 V_{SC2} が発生して第2の整流用MOS-FET(8)のゲートに付与される。これにより、1次側の第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のオン・オフ動作に同期して2次側の第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)がそれぞれオン・オフ駆動され、2次側回路の出力端子間に発生する略一定レベルの直流出力電圧 V_0 が図示しない負荷に供給される。

【0006】

図14に示す同期整流型DC-DCコンバータの動作は以下の通りである。図示しない電源スイッチをオンすると、直流電源(1)から起動抵抗(14)を介して平滑コンデンサ(13)が充電される。平滑コンデンサ(13)の充電電圧が制御回路(21)の起動電圧に達すると、制御回路(21)が動作を開始する。このとき、制御回路(21)から第1及び第2の駆動パルス信号 V_{G1} 、 V_{G2} が出力され、それぞれ第1及び第2の主MOS-FET(2,3)の各ゲートに付与され、第1及び第2の主MOS-FET(2,3)がオン・オフ動作を開始する。第2の主MOS-FET(3)がオン状態のときは、直流電源(1)、第2の主MOS-FET(3)、トランス(4)の漏洩インダクタンス(4e)、1次巻線(4a)、電流共振用コンデンサ(5)及び直流電源(1)の経路で1次側回路に電流 I_{Q2} が流れる。このときの電流 I_{Q2} は、電流共振用コンデンサ(5)の静電容量及びトランス(4)の漏洩インダクタンス(4e)で決定される共振周波数の共振電流とトランス(4)の1次巻線(4a)の励磁電流との合成電流となる。また、第2の主MOS-FET(3)のオンに同期して第2の整流用MOS-FET(8)がオン状態となり、トランス(4)の2次巻線(4c)から第2の出力整流ダイオード(10)と第2の整流用MOS-FET(8)との並列回路を介して出力平滑コンデンサ(11)及び図示しない負荷に前記の共振電流と略同様の電流 I_{S2} が流れる。

【0007】

電流 I_{Q2} が流れている間に第2の主MOS-FET(3)をオフ状態にすると、第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のドレインソース間の電圧 V_{Q1} 、 V_{Q2} は電圧擬似共振用コンデンサ(6)の静電容量及びトランス(4)の図示しない励磁インダクタンスと漏洩インダクタンス(4e)との合成インダクタンスで決定される共振周波数の擬似共振電圧となる。これと同時に、第2の主MOS-FET(3)に流れていたトランス(4)の1次巻線(4a)の励磁電流は第1の主MOS-FET(2)のドレインソース間の図示しない寄生ダイオードに転流する。この転流期間中に第1の主MOS-FET(2)をオン状態にすると、第1の主MOS-FET(2)の寄生ダイオードに流れていた電流はそのまま減少し、極性が反転して第1の主MOS-FET(2)に電流 I_{Q1} が流れる。第1の主MOS-FET(2)に流れる電流 I_{Q1} は

、第2の主MOS-FET(3)に流れる電流 I_{Q2} とは逆極性で電流共振用コンデンサ(5)の静電容量及びトランス(4)の漏洩インダクタンス(4e)で決定される共振周波数の共振電流とトランス(4)の1次巻線(4a)の励磁電流との合成電流となる。また、第1の主MOS-FET(2)のオンに同期して第1の整流用MOS-FET(7)がオン状態となり、トランス(4)の2次巻線(4b)から第1の出力整流ダイオード(9)と第1の整流用MOS-FET(7)との並列回路を介して出力平滑コンデンサ(11)及び図示しない負荷に前記の共振電流と略同様の電流 I_{S1} が流れる。

【0008】

電流 I_{Q1} が流れている間に第1の主MOS-FET(2)をオフ状態にすると、第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のドレインソース間の電圧 V_{Q1} 、 V_{Q2} は電圧擬似共振用コンデンサ(6)の静電容量及びトランス(4)の図示しない励磁インダクタンスと漏洩インダクタンス(4e)との合成インダクタンスで決定される共振周波数の擬似共振電圧となる。これと同時に、第1の主MOS-FET(2)に流れていたトランス(4)の1次巻線(4a)の励磁電流は第2の主MOS-FET(3)のドレインソース間の図示しない寄生ダイオードに転流する。この転流期間中に第2の主MOS-FET(3)をオン状態にすると、第2の主MOS-FET(3)の寄生ダイオードに流れていた電流はそのまま減少し、極性が反転して第2の主MOS-FET(3)に電流 I_{Q2} が流れる。図15(A)、(B)及び(C)は、それぞれ第1の主MOS-FET(2)のドレインソース間の電圧 V_{Q1} 、第1の主MOS-FET(2)に流れる電流 I_{Q1} 及びトランス(4)の2次巻線(4b)に流れる電流 I_{S1} の各波形を示す。

【0009】

これ以降は、上述の同期整流動作が繰り返され、略一定レベルの直流出力電圧 V_0 が2次側回路から図示しない負荷に供給される。また、第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のスイッチング周波数はトランス(4)の漏洩インダクタンス(4e)と電流共振用コンデンサ(5)の静電容量とで決定される共振周波数より高いため、第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のスイッチング周波数を上昇させることにより、図示しない負荷に供給される直流出力を制限できる。以上で述べた構成と略類似の構成を有する同期整流型DC-DCコンバータは、例えば下記の特許文献1に開示されている。

【特許文献1】特開2000-23455号公報(第5頁、図3)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ところで、図14に示す従来の同期整流型DC-DCコンバータでは、トランス(4)の2次側回路の第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)をオン状態にするタイミングを1次側回路の第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のターンオンにそれぞれ同期させているため、図15(C)及び(A)に示すようにトランス(4)の2次側回路に流れる電流 I_{S1} 、 I_{S2} が1次側回路の第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のオン期間と一致しない。このため、本来は2次側回路の第1及び第2の出力整流ダイオード(9,10)に電流が流れない期間に第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)がオン状態となるため、出力平滑コンデンサ(11)からトランス(4)の2次巻線(4b,4c)に向かう方向に流れる逆電流が発生する。この逆電流は、更にトランス(4)の1次側と2次側との間を往復する循環電流となり、1次側の第1及び第2の主MOS-FET(2,3)及び2次側の第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)で無用なスイッチング損失が発生するため、同期整流型DC-DCコンバータの変換効率が低下する欠点があった。

【0011】

そこで、本発明では2次側回路でのスイッチング損失を低減して変換効率を向上できる同期整流型DC-DCコンバータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明による同期整流型DC-DCコンバータは、直流電源(1)に接続されて1次側回路を構成する少なくとも1つの主スイッチング素子(2,3)及びトランス(4)の1次巻線(4a)

と、トランス(4)の1次巻線(4a)と電磁的に結合する2次巻線(4b, 4c)と負荷との間に接続され2次側回路を構成する少なくとも1つの整流用スイッチング素子(7, 8)とを備え、主スイッチング素子(2, 3)のスイッチング動作に同期して整流用スイッチング素子(7, 8)を駆動することにより2次側回路から負荷に直流出力(V_0)を供給する。この同期整流型DC-DCコンバータは、1次側回路に流れる電流(I_{Q1} , I_{Q2})を検出する電流検出手段(51)と、トランス(4)の励磁電流に対応する電圧よりも大きいバイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})を発生するバイアス手段(53, 54)と、電流検出手段(51)の検出電圧(V_{DT})がバイアス手段(53, 54)のバイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})を超えたとき、整流用スイッチング素子(7, 8)を駆動する比較手段(55, 57)とを備える。

【0013】

電流検出手段(51)の検出電圧(V_{DT})がトランス(4)の励磁電流に対応する電圧よりも大きいバイアス手段(53, 54)のバイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})を超えたとき、比較手段(55, 57)によりトランス(4)の励磁電流成分を除いた1次側回路の電流(I_{Q1} , I_{Q2})に同期して整流用スイッチング素子(7, 8)が駆動される。これにより、2次側回路に流れる整流出力電流(I_{S1} , I_{S2})に比例して整流用スイッチング素子(7, 8)が駆動されるため、無用な循環電流による電力損失が発生しない。このため、2次側回路を構成する整流用スイッチング素子(7, 8)で発生する電力損失を最小限に抑制して同期整流型DC-DCコンバータの変換効率を向上することができる。

【0014】

本発明による他の同期整流型DC-DCコンバータは、1次側回路に流れる電流(I_{Q1} , I_{Q2})を検出する電流検出手段(51)と、バイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})を発生するバイアス手段(53, 54)と、トランス(4)の励磁電流に対応する電圧に比例する傾斜信号(V_{RP})を発生する傾斜信号発生手段と、電流検出手段(51)の検出電圧(V_{DT})がバイアス手段(53, 54)のバイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})と傾斜電圧発生手段の傾斜信号(V_{RP})との重畳信号の電圧を超えたとき、整流用スイッチング素子(7, 8)を駆動する比較手段(55, 57)とを備える。また、本発明によるもう一つの他の同期整流型DC-DCコンバータは、1次側回路に流れる電流(I_{Q1} , I_{Q2})を検出する電流検出手段(51)と、バイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})を発生するバイアス手段(53, 54)と、トランス(4)の励磁電流に対応する電圧に比例する傾斜信号(V_{RP})を発生する傾斜信号発生手段と、電流検出手段(51)の検出電圧(V_{DT})と傾斜電圧発生手段の傾斜信号(V_{RP})との重畳信号の電圧がバイアス手段(53, 54)のバイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})を超えたとき、整流用スイッチング素子(7, 8)を駆動する比較手段(55, 57)とを備える。傾斜信号発生手段の傾斜信号(V_{RP})の波形がトランス(4)の1次巻線(4a)に流れる励磁電流の波形と略相似になるため、電流検出手段(51)にて検出された1次側回路の電流(I_{Q1} , I_{Q2})に含まれるトランス(4)の励磁電流成分を相殺することができる。このため、2次側回路に流れる整流出力電流(I_{S1} , I_{S2})に正確に比例させて整流用スイッチング素子(7, 8)を効率よく駆動することができる。

【0015】

傾斜信号発生手段は、トランス(4)の2次巻線(4c)又はその2次巻線(4c)の電圧に相当する電圧を出力する巻線に接続され、その巻線の電圧の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号(V_{RP})を出力する積分回路(61, 62)で構成される。本発明の実施の形態での傾斜信号発生手段は、トランス(4)の2次巻線(4c)又はその2次巻線(4c)の電圧に相当する電圧を出力する巻線に接続され、その巻線の電圧の周波数に同期するパルス信号(V_{PL})を出力する周波数信号発生手段(60)と、周波数信号発生手段(60)の出力パルス信号(V_{PL})の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号(V_{RP})を出力する積分回路(61, 62)とを有する。また、主スイッチング素子(2, 3)のスイッチング周波数の基準となる発振器(22)のパルス信号をそのパルス信号の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号(V_{RP})に変換する波形変換手段(64)で傾斜信号発生手段を構成してもよい。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、電流検出手段の検出電圧がトランスの励磁電流に対応する電圧よりも

大きいバイアス手段のバイアス電圧を超えたときに整流用スイッチング素子を駆動することにより、トランスの励磁電流成分を除いた1次側回路の電流に同期して2次側回路の整流用スイッチング素子が駆動される。これにより、2次側回路に流れる整流出力電流に比例して整流用スイッチング素子が駆動されるので、無用な循環電流による電力損失が発生せず、2次側回路の整流用スイッチング素子で発生する電力損失を最小限に抑えて同期整流型DC-DCコンバータの変換効率を向上することができる。更に、トランスの励磁電流に対応する電圧に比例する傾斜信号を発生する傾斜信号発生手段を設けた場合は、電流検出手段にて検出された1次側回路の電流に含まれるトランスの励磁電流成分が傾斜信号により相殺されるので、2次側回路に流れる整流出力電流に正確に比例させて整流用スイッチング素子を効率よく駆動することができる。なお、この場合におけるバイアス手段のバイアス電圧はトランスの励磁電流成分より小さい範囲を含む任意のバイアス電圧でよい。ため、バイアス手段のバイアス電圧を低い値に設定できる利点がある。特に、電流共振方式の同期整流型DC-DCコンバータに本発明を適用した場合は、低耐圧でオン抵抗の低い整流用スイッチング素子を使用できるので、安価で且つ変換効率の極めて高い同期整流型DC-DCコンバータの実現が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明による同期整流型DC-DCコンバータを電流共振方式の同期整流型DC-DCコンバータに適用した5つの実施の形態を図1～図12に基づいて説明する。但し、これらの図面では図14及び図15に示す箇所と実質的に同一の部分には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【実施例1】

【0018】

本発明の一実施の形態を示す実施例1の同期整流型DC-DCコンバータは、図1に示すように、トランス(4)の1次側回路に流れる電流 I_{Q1} 、 I_{Q2} を検出する電流検出手段としての電流検出用トランス(CT: Current Transformer)(51)と、電流検出用トランス(51)の検出電流をそれに対応する電圧 V_{DT} に変換する電流検出用抵抗(52)と、トランス(4)の励磁電流に対応する電圧よりも大きいバイアス電圧 V_{BS1} 、 V_{BS2} を発生するバイアス手段としての第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)と、非反転入力端子(+)に入力される電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} が反転入力端子(-)に入力される第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} を超えたときに第1の整流用MOS-FET(7)をオン状態にする第1の同期駆動パルス信号 V_{SC1} を出力する第1の比較手段としての第1の比較器(55)と、第1の比較器(55)の第1の同期駆動パルス信号 V_{SC1} を第1の整流用MOS-FET(7)のゲートに付与する第1のバッファ増幅器(56)と、反転入力端子(-)に入力される電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} が非反転入力端子(+)に入力される第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} を超えたときに第2の整流用MOS-FET(8)をオン状態にする第2の同期駆動パルス信号 V_{SC2} を出力する第2の比較手段としての第2の比較器(57)と、第2の比較器(57)の第2の同期駆動パルス信号 V_{SC2} を第2の整流用MOS-FET(8)のゲートに付与する第2のバッファ増幅器(58)とを備えている。第1の直流バイアス電源(53)は、陰極端子が接地され且つ陽極端子が第1の比較器(55)の反転入力端子(-)に接続される。第2の直流バイアス電源(54)は、陽極端子が接地され且つ陰極端子が第2の比較器(57)の非反転入力端子(+)に接続される。なお、電流検出用トランス(51)の右端の2つの黒点は、第1及び第2の主MOS-FET(2, 3)の接続点とトランス(4)の1次巻線(4a)との間のライン上に接続される図示しない1次巻線及び電流検出用抵抗(52)の両端に接続される2次巻線が互いに同極性であることを示す。その他の構成は、第1及び第2のコンデンサ(29, 30)と第1及び第2のパルストランス(31, 34)を省略した点を除いて、図14に示す従来の同期整流型DC-DCコンバータと略同様である。

【0019】

上記の構成において、第2の主MOS-FET(3)がオン状態のときは、直流電源(1)、第2の主MOS-FET(3)、トランス(4)の漏洩インダクタンス(4e)、1次巻線(4a)、電

流共振用コンデンサ(5)及び直流電源(1)の経路で1次側回路に電流 I_{Q2} が流れる。このときの電流 I_{Q2} は、電流共振用コンデンサ(5)の静電容量及びトランス(4)の漏洩インダクタンス(4e)で決定される共振周波数の共振電流とトランス(4)の1次巻線(4a)の励磁電流との合成電流となる。1次側回路に流れる電流 I_{Q2} は電流検出用トランス(51)にて検出され、更に電流検出用抵抗(52)によりその検出電流に対応する電圧 V_{DT} に変換される。即ち、電流検出用抵抗(52)の両端には、図2(A)に示すように接地(グランド)電圧0Vを基準電位として電流検出用トランス(51)の検出電流に比例して変化する電圧 V_{DT} が発生する。電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} は第2の比較器(57)の反転入力端子(-)に入力され、非反転入力端子(+)に入力される第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} と比較される。図2(A)に示すように電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} が第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} より低くなると、図2(B)に示すように第2の比較器(57)から第2のバッファ増幅器(58)を介して第2の整流用MOS-FET(8)のゲートに高い電圧(H)レベルの第2の同期駆動パルス信号 V_{SC2} が付与され、第2の整流用MOS-FET(8)がオン状態となる。これにより、トランス(4)の2次巻線(4c)から第2の出力整流ダイオード(10)と第2の整流用MOS-FET(8)との並列回路を介して出力平滑コンデンサ(11)及び図示しない負荷に前記の共振電流と略同様の電流 I_{S2} が流れる。

【0020】

電流 I_{Q2} が流れている間に第2の主MOS-FET(3)をオフ状態にすると、第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のドレイン-ソース間の電圧 V_{Q1} , V_{Q2} は電圧擬似共振用コンデンサ(6)の静電容量及びトランス(4)の図示しない励磁インダクタンスと漏洩インダクタンス(4e)との合成インダクタンスで決定される共振周波数の擬似共振電圧となる。これと同時に、第2の主MOS-FET(3)に流れていたトランス(4)の1次巻線(4a)の励磁電流は第1の主MOS-FET(2)のドレイン-ソース間の図示しない寄生ダイオードに転流する。この転流期間中に第1の主MOS-FET(2)をオン状態にすると、第1の主MOS-FET(2)の寄生ダイオードに流れていた電流はそのまま減少し、極性が反転して第1の主MOS-FET(2)に電流 I_{Q1} が流れる。このときに1次側回路に流れる電流 I_{Q1} は、第2の主MOS-FET(3)に流れる電流 I_{Q2} とは逆極性で電流共振用コンデンサ(5)の静電容量及びトランス(4)の漏洩インダクタンス(4e)で決定される共振周波数の共振電流とトランス(4)の1次巻線(4a)の励磁電流との合成電流となる。1次側回路に流れる電流 I_{Q1} は電流検出用トランス(51)にて検出され、更に電流検出用抵抗(52)によりその検出電流に対応する電圧 V_{DT} に変換される。即ち、電流検出用抵抗(52)の両端には、図2(A)に示すように接地(グランド)電圧0Vを基準電位として電流検出用トランス(51)の検出電流に比例して変化する電圧 V_{DT} が発生する。電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} は、第1の比較器(55)の非反転入力端子(+)に入力され、反転入力端子(-)に入力される第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} と比較される。図2(A)に示すように電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} が第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} より高くなると、図2(C)に示すように第1の比較器(55)から第1のバッファ増幅器(56)を介して第1の整流用MOS-FET(7)のゲートに高い電圧(H)レベルの第1の同期駆動パルス信号 V_{SC1} が付与され、第1の整流用MOS-FET(7)がオン状態となる。これにより、トランス(4)の2次巻線(4b)から第1の出力整流ダイオード(9)と第1の整流用MOS-FET(7)との並列回路を介して出力平滑コンデンサ(11)及び図示しない負荷に前記の共振電流と略同様の電流 I_{S1} が流れる。

【0021】

電流 I_{Q1} が流れている間に第1の主MOS-FET(2)をオフ状態にすると、第1及び第2の主MOS-FET(2,3)のドレイン-ソース間の電圧 V_{Q1} , V_{Q2} は電圧擬似共振用コンデンサ(6)の静電容量及びトランス(4)の図示しない励磁インダクタンスと漏洩インダクタンス(4e)との合成インダクタンスで決定される共振周波数の擬似共振電圧となる。これと同時に、第1の主MOS-FET(2)に流れていたトランス(4)の1次巻線(4a)の励磁電流は第2の主MOS-FET(3)のドレイン-ソース間の図示しない寄生ダイオードに転流する。この転流期間中に第2の主MOS-FET(3)をオン状態にすると、第2の主MOS-

FET(3)の寄生ダイオードに流れていた電流はそのまま減少し、極性が反転して第2の主MOS-FET(3)に電流 I_{Q2} が流れる。これ以降は、上述の同期整流動作が繰り返され、略一定レベルの直流出力電圧 V_0 が2次側回路から図示しない負荷に供給される。図3(A)、(B)及び(C)は、それぞれ第1の主MOS-FET(2)のドレインソース間の電圧 V_{Q1} 、第1の主MOS-FET(2)に流れる電流 I_{Q1} 及びトランス(4)の2次巻線(4b)に流れる電流 I_{S1} の各波形を示す。

【0022】

実施例1では、トランス(4)の1次側回路に流れる電流 I_{Q1} 、 I_{Q2} を電流検出用トランス(51)により検出し、電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} がトランス(4)の励磁電流に対応する電圧よりも大きい第1及び第2の直流バイアス電源(53,54)のバイアス電圧 V_{BS1} 、 V_{BS2} を超えたときに第1及び第2の比較器(55,57)から出力される高い電圧(H)レベルの第1及び第2の同期駆動パルス信号 V_{SC1} 、 V_{SC2} により第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)をオン状態にする。これにより、トランス(4)の励磁電流成分を除いた1次側回路の電流 I_{Q1} 、 I_{Q2} に同期して第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)を駆動することができる。このため、2次側回路に流れる整流出力電流 I_{S1} 、 I_{S2} に比例して第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)が駆動されるので、無用な循環電流による電力損失が発生しない。したがって、2次側回路を構成する第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)で発生する電力損失を最小限に抑制して同期整流型DC-DCコンバータの変換効率を向上することができる。また、電流共振方式の同期整流型DC-DCコンバータであるため、2次側回路の第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)に印加される電圧を図示しない負荷に供給される直流出力電圧 V_0 の2倍に制限できる。このため、各整流用MOS-FET(7,8)として低耐圧でオン抵抗の低いMOS-FETを使用できるので、安価で且つ変換効率の極めて高い同期整流型DC-DCコンバータの実現が可能となる。

【0023】

図1に示す同期整流型DC-DCコンバータでは、電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} と第1及び第2の直流バイアス電源(53,54)のバイアス電圧 V_{BS1} 、 V_{BS2} とをそれぞれ第1及び第2の比較器(55,57)により比較する構成を示したが、図4に示すように、第1及び第2の直流バイアス電源(53,54)をそれぞれ電流検出用抵抗(52)と第1及び第2の比較器(55,57)との間に直列に接続し、電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} を第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} の分だけ負側にシフトさせると共に第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} の分だけ正側にシフトさせ、それぞれのシフト後の検出電圧 V_{DT} を第1及び第2の比較器(55,57)により接地(グランド)電圧0Vと比較する構成としてもよい。なお、図1及び図4に示す同期整流型DC-DCコンバータの場合、第1及び第2の比較器(55,57)はそれぞれ正出力及び負出力を発生する電源で駆動されるが、実際には単一の出力を発生する電源で駆動される場合が多いため、図5に示すように第1及び第2の比較器(55,57)の基準電圧入力側に別のバイアス電源(59)を接続し、何れか一方の比較器(55,57)の入力電圧範囲を超えないように基準電位となる接地(グランド)電圧0Vをバイアス電源(59)によりシフトさせることが望ましい。図4及び図5に示す何れの場合も、得られる作用及び効果は図1に示す場合と略同様である。

【実施例2】

【0024】

実施例1は変更が可能である。例えば、本発明の他の実施の形態を示す実施例2の同期整流型DC-DCコンバータは、図6に示すように、トランス(4)の2次巻線(4c)に発生する電圧の周波数に同期するパルス信号 V_{PL} を出力する周波数信号発生手段を構成するオペアンプ(60)と、オペアンプ(60)の出力パルス信号 V_{PL} の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号 V_{RP} を出力する積分回路を構成する抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)とを図1に示す同期整流型DC-DCコンバータに追加し、抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点を第1の直流バイアス電源(53)の陰極端子と第2の直流バイアス電源(54)の陽極端子との接続点に接続したものである。オペアンプ(60)の非反転入力端子(+)はトランス(4)の2次巻線(4c)に接続され、同反転入力端子(-)は2次側回路の接地端子に接続されている。した

がって、図7(B)に示すようにトランス(4)の2次巻線(4c)に発生する電圧の周波数で極性が交番する矩形状のパルス信号 V_{PL} がオペアンプ(60)の出力端子から出力され、オペアンプ(60)の出力パルス信号 V_{PL} により抵抗(61)を介して積分コンデンサ(62)が抵抗(61)の抵抗値と積分コンデンサ(62)の静電容量との積で決まる時定数で充電及び放電される。これにより、図7(C)に示すようにトランス(4)の2次巻線(4c)の電圧の周波数に同期する傾斜信号 V_{RP} が抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点から出力される。即ち、オペアンプ(60)、抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)はトランス(4)の1次巻線(4a)に流れる励磁電流に対応する電圧に比例する傾斜信号 V_{RP} を発生する傾斜信号発生手段を構成する。その他の構成は、図1に示す同期整流型DC-DCコンバータと略同様である。

【0025】

図6に示す構成において、第2の主MOS-FET(3)がオン状態のときに1次側回路に流れる電流 I_{Q2} は電流検出用トランス(51)にて検出され、更に電流検出用抵抗(52)によりその検出電流に対応する電圧 V_{DT} に変換される。このとき、電流検出用抵抗(52)の両端には、図7(A)に示すように接地(グランド)電圧0Vを基準電位として電流検出用トランス(51)の検出電流に比例して変化する電圧 V_{DT} が発生する。電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} は第2の比較器(57)の反転入力端子(-)に入力され、非反転入力端子(+)に入力される傾斜信号発生手段を構成する抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} と第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} との重畳信号 $V_{RP}-V_{BS2}$ の電圧と比較される。即ち、第2の比較器(57)の非反転入力端子(+)には、図7(C)に示す抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧を第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} の分だけ負側にシフトさせた図7(D)に示す重畳信号 $V_{RP}-V_{BS2}$ の電圧が入力される。図7(D)に示すように電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} が前記の重畳信号 $V_{RP}-V_{BS2}$ の電圧より低くなると、図7(E)に示すように第2の比較器(57)から第2のバッファ増幅器(58)を介して第2の整流用MOS-FET(8)のゲートに高い電圧(H)レベルの第2の同期駆動パルス信号 V_{SC2} が付与され、第2の整流用MOS-FET(8)がオン状態となる。

【0026】

一方、第1の主MOS-FET(2)がオン状態のときに1次側回路に流れる電流 I_{Q1} は電流検出用トランス(51)にて検出され、更に電流検出用抵抗(52)によりその検出電流に対応する電圧 V_{DT} に変換される。このとき、電流検出用抵抗(52)の両端には、図7(A)に示すように接地(グランド)電圧0Vを基準電位として電流検出用トランス(51)の検出電流に比例して変化する電圧 V_{DT} が発生する。電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} は第1の比較器(55)の非反転入力端子(+)に入力され、反転入力端子(-)に入力される傾斜信号発生手段を構成する抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧と第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} との重畳信号 $V_{RP}+V_{BS1}$ の電圧と比較される。即ち、第1の比較器(55)の反転入力端子(-)には、図7(C)に示す抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧を第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} の分だけ正側にシフトさせた図7(D)に示す重畳信号 $V_{RP}+V_{BS1}$ の電圧が入力される。図7(D)に示すように電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} が前記の重畳信号 $V_{RP}+V_{BS1}$ の電圧より高くなると、図7(F)に示すように第1の比較器(55)から第1のバッファ増幅器(56)を介して第1の整流用MOS-FET(7)のゲートに高い電圧(H)レベルの第1の同期駆動パルス信号 V_{SC1} が付与され、第1の整流用MOS-FET(7)がオン状態となる。なお、上記の動作を除く図6に示す実施例2の同期整流型DC-DCコンバータの主回路の基本的な動作は、図1に示す実施例1の同期整流型DC-DCコンバータの動作と略同様であるから、詳細な説明は省略する。

【0027】

実施例2では、傾斜信号発生手段の積分回路を構成する抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧波形がトランス(4)の1次巻線(4a)に流れる励磁電流の波形と略相似になるため、この傾斜信号 V_{RP} と第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)のバイアス電圧 V_{BS1} , V_{BS2} との重畳信号で第1及び第2の比較器(55, 57)の不感

帯を形成することにより、電流検出用トランス(51)にて検出された1次側回路の電流 I_{Q1} 、 I_{Q2} に含まれるトランス(4)の励磁電流成分を相殺することができる。これにより、1次側回路に流れる電流 I_{Q1} 、 I_{Q2} の共振電流成分のみに同期して2次側回路の第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)がオン状態となる。このため、2次側回路に流れる整流出力電流 I_{S1} 、 I_{S2} に正確に比例させて第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)を効率よく駆動することができる。また、第1及び第2の直流バイアス電源(53,54)のバイアス電圧 V_{BS1} 、 V_{BS2} は、トランス(4)の励磁電流成分より小さい範囲を含む任意のバイアス電圧でよい。実施例1に比較して低い値に設定できる利点がある。なお、特に図示はしないが、実施例2においても前記の実施例1で述べた図4及び図5に示す実施の形態と略同様の変更が可能である。

【実施例3】

【0028】

また、本発明のもう一つの他の実施の形態を示す実施例3の同期整流型DC-DCコンバータは、図8に示すように、トランス(4)の2次巻線(4c)に発生する電圧の周波数に同期するパルス信号 V_{PL} を出力する周波数信号発生手段を構成するオペアンプ(60)と、オペアンプ(60)の出力パルス信号 V_{PL} の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号 V_{RP} を出力する積分回路を構成する抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)とを図4に示す同期整流型DC-DCコンバータに追加し、抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点を電圧検出用抵抗(52)の基準電位側(図面に向かって左側)に接続したものである。オペアンプ(60)の反転入力端子(-)はトランス(4)の2次巻線(4c)に接続され、同非反転入力端子(+)は2次側回路の接地端子に接続されている。したがって、図9(B)に示すようにトランス(4)の2次巻線(4c)に発生する電圧の周波数で極性が交番する矩形状のパルス信号 V_{PL} がオペアンプ(60)の出力端子から出力され、オペアンプ(60)の出力パルス信号 V_{PL} により抵抗(61)を介して積分コンデンサ(62)が抵抗(61)の抵抗値と積分コンデンサ(62)の静電容量との積で決まる時定数で充電及び放電される。これにより、図9(C)に示すようにトランス(4)の2次巻線(4c)の電圧の周波数に同期する傾斜信号 V_{RP} が抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点から出力される。即ち、オペアンプ(60)、抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)はトランス(4)の1次巻線(4a)に流れる励磁電流に対応する電圧に比例する傾斜信号 V_{RP} を発生する傾斜信号発生手段を構成する。その他の構成は、図4に示す同期整流型DC-DCコンバータと略同様である。

【0029】

図8に示す構成において、第2の主MOS-FET(3)がオン状態のときに1次側回路に流れる電流 I_{Q2} は電流検出用トランス(51)にて検出され、更に電流検出用抵抗(52)によりその検出電流に対応する電圧 V_{DT} に変換される。このとき、電流検出用抵抗(52)の両端には、傾斜信号発生手段を構成する抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧を基準電位として、電流検出用トランス(51)の検出電流に比例して変化する電圧が発生する。即ち、電流検出用抵抗(52)の検出電位側(図面に向かって右側)には、図9(D)に示すように、図9(C)に示す抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧と図9(A)に示す電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} との重畳信号 $V_{RP} + V_{DT}$ の電圧が発生する。電流検出用抵抗(52)の検出電位側の重畳電圧 $V_{RP} + V_{DT}$ は、第2の直流バイアス電源(54)を介して第2の比較器(57)の反転入力端子(-)に入力され、非反転入力端子(+)に入力される接地(グランド)電圧0Vと比較される。即ち、第2の比較器(57)の反転入力端子(-)には、前記の重畳電圧 $V_{RP} + V_{DT}$ を第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} の分だけ正側にシフトさせた電圧が入力される。換言すれば、図9(D)に示すように、電流検出用抵抗(52)の検出電位側の重畳電圧 $V_{RP} + V_{DT}$ は、第2の比較器(57)により第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} と比較される。図9(D)に示すように前記の重畳電圧 $V_{RP} + V_{DT}$ が第2の直流バイアス電源(54)のバイアス電圧 V_{BS2} より低くなると、図9(E)に示すように第2の比較器(57)から第2のバッファ増幅器(58)を介して第2の整流用MOS-FET(8)のゲートに高い電圧(H)レベルの第2の同期駆動パルス信号 V_{SC2} が付与され、第2の整流用MOS-FET(8)がオ

ン状態となる。

【0030】

一方、第1の主MOS-FET(2)がオン状態のときに1次側回路に流れる電流 I_{Q1} は電流検出用トランス(51)にて検出され、更に電流検出用抵抗(52)によりその検出電流に対応する電圧 V_{DT} に変換される。このとき、電流検出用抵抗(52)の両端には、傾斜信号発生手段を構成する抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧を基準電位として、電流検出用トランス(51)の検出電流に比例して変化する電圧が発生する。即ち、電流検出用抵抗(52)の検出電位側(図面に向かって右側)には、図9(D)に示すように、図9(C)に示す抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧と図9(A)に示す電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} との重畳信号 $V_{RP} + V_{DT}$ の電圧が発生する。電流検出用抵抗(52)の検出電位側の重畳電圧 $V_{RP} + V_{DT}$ は、第1の直流バイアス電源(53)を介して第1の比較器(55)の非反転入力端子(+)に入力され、反転入力端子(-)に入力される接地(グランド)電圧0Vと比較される。即ち、第1の比較器(55)の非反転入力端子(+)には、前記の重畳電圧 $V_{RP} + V_{DT}$ を第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} の分だけ負側にシフトさせた電圧が入力される。換言すれば、図9(D)に示すように、電流検出用抵抗(52)の検出電位側の重畳電圧 $V_{RP} + V_{DT}$ は、第1の比較器(55)により第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} と比較される。図9(D)に示すように前記の重畳電圧 $V_{RP} + V_{DT}$ が第1の直流バイアス電源(53)のバイアス電圧 V_{BS1} より高くなると、図9(F)に示すように第1の比較器(55)から第1のバッファ増幅器(56)を介して第1の整流用MOS-FET(7)のゲートに高い電圧(H)レベルの第1の同期駆動パルス信号 V_{SC1} が付与され、第1の整流用MOS-FET(7)がオン状態となる。なお、上記の動作を除く図8に示す実施例3の同期整流型DC-DCコンバータの主回路の基本的な動作は、図1に示す実施例1の同期整流型DC-DCコンバータの動作と略同様であるから、詳細な説明は省略する。

【0031】

実施例3では、傾斜信号発生手段の積分回路を構成する抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の接続点に発生する傾斜信号 V_{RP} の電圧波形がトランス(4)の1次巻線(4a)に流れる励磁電流の波形と略相似になるため、この傾斜信号 V_{RP} と電流検出用抵抗(52)の検出電圧 V_{DT} との重畳信号 $V_{RP} + V_{DT}$ を第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)のバイアス電圧 V_{BS1} , V_{BS2} と比較することにより、電流検出用トランス(51)にて検出された1次側回路の電流 I_{Q1} , I_{Q2} に含まれるトランス(4)の励磁電流成分を相殺することができる。これにより、1次側回路に流れる電流 I_{Q1} , I_{Q2} の共振電流成分のみに同期して2次側回路の第1及び第2の整流用MOS-FET(7, 8)がオン状態となる。このため、2次側回路に流れる整流出力電流 I_{S1} , I_{S2} に正確に比例させて第1及び第2の整流用MOS-FET(7, 8)を効率よく駆動することができる。また、第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)のバイアス電圧 V_{BS1} , V_{BS2} は、トランス(4)の励磁電流成分より小さい範囲を含む任意のバイアス電圧でよいから、実施例1に比較して低い値に設定できる利点がある。なお、実施例3においても前記の実施例1で述べた図5に示す実施の形態と略同様の変更が可能である。即ち、実施例3において第1及び第2の比較器(55, 57)を単一の出力を発生する電源で駆動する場合、図10に示すように第1及び第2の比較器(55, 57)の基準電圧入力側に別のバイアス電源(59)を接続し、何れか一方の比較器(55, 57)の入力電圧範囲を超えないように基準電位となる接地(グランド)電圧0Vをバイアス電源(59)によりシフトさせればよい。更に、図10では傾斜信号発生手段を構成するオペアンプ(60)が別の駆動用電源(63)により駆動される。また、特に図示はしないが、第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)の接続位置を図1に示す実施の形態と同様の位置に変更することも可能である。

【実施例4】

【0032】

また、図11に示す実施例4の同期整流型DC-DCコンバータは、図8に示すオペアンプ(60)、抵抗(61)及び積分コンデンサ(62)の代わりに、制御回路(21)内の発振器(22)から出力されるパルス信号をそのパルス信号の半周期毎に傾斜が反転する傾斜信号 V_{RP} に変

換する波形変換手段としての波形変換回路(64)を設けてその出力端子を電流検出用抵抗(52)の基準電位側に接続し、第1及び第2のバッファ増幅器(56, 58)の出力信号 V_{sc1} , V_{sc2} を第1及び第2のコンデンサ(29, 30)と第1及び第2のパルストランス(31, 34)を介して第1及び第2の整流用MOS-FET(7, 8)の各ゲートに付与するように変更したものである。また、図11に示す同期整流型DC-DCコンバータでは、単一の出力を発生する電源で第1及び第2の比較器(55, 57)を駆動するため、1次側回路の接地端子(GND)と第1及び第2の比較器(55, 57)の基準電圧入力側端子との間にバイアス電源(59)を接続している。その他の構成は、図8に示す実施例3の同期整流型DC-DCコンバータと略同様である。実施例4では、第1及び第2のパルストランス(31, 34)によりトランス(4)の1次側回路と2次側回路が絶縁されるので、1次側及び2次側回路間での相互干渉が発生し難い利点がある。なお、図11に示す実施例4の同期整流型DC-DCコンバータの動作は、図8に示す実施例3の同期整流型DC-DCコンバータの動作と略同様であるから、詳細な説明は省略する。

【実施例5】

【0033】

更に、図12に示す実施例5の同期整流型DC-DCコンバータは、図11に示す電流検出用トランス(51)の代わりに、電流共振用コンデンサ(5)の両端に直列に接続された分流用コンデンサ(65)及び電圧変換用抵抗(66)と、分流用コンデンサ(65)及び電圧変換用抵抗(66)の接続点と第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)の接続点との間に接続された抵抗(67)とで電流検出手段を構成し、図11に示す波形変換回路(64)と第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)の接続点との間に抵抗(68)を接続し、第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)の接続点と1次側回路の接地端子(GND)との間にバイアス電源(69)及び抵抗(70)を直列に接続し、第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)の極性を互いに逆にし、第1及び第2の比較器(55, 57)の反転入力端子(-)及び非反転入力端子(+)をそれぞれ互いに入れ替えたものである。その他の構成は、図11に示す実施例4の同期整流型DC-DCコンバータと略同様である。実施例5では、1次側回路の電流共振用コンデンサ(5)に流れる電流を分流用コンデンサ(65)に僅かに分流することにより検出し、その検出電流を電圧変換用抵抗(66)により電圧に変換し、その検出電圧を抵抗(67)を介して第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)に重畳する。このため、図11に示す実施例4の電流検出用トランス(51)に比較して安価なコンデンサ及び抵抗により電流検出手段を構成できると共に、1次側回路に流れる電流 I_{q1} , I_{q2} を効率よく低損失で検出できる利点がある。なお、図12に示す実施例5の同期整流型DC-DCコンバータの動作は、図8に示す実施例3の同期整流型DC-DCコンバータの動作と略同様であるから、詳細な説明は省略する。

【0034】

本発明の実施態様は前記の5つの実施例1～5に限定されず、更に種々の変更が可能である。例えば、図5に示す実施例1の同期整流型DC-DCコンバータは図13に示すような変更が可能である。即ち、図13に示す同期整流型DC-DCコンバータでは、トランス(4)の1次巻線(4a)と電流共振用コンデンサ(5)の接続点と第2の主MOS-FET(3)のドレインとの間に他の電流共振用コンデンサ(37)を接続し、第2の主MOS-FET(3)のドレイン-ソース間に他の電圧擬似共振用コンデンサ(38)を接続し、図1に示すトランス(4)の漏洩インダクタンス(4e)を電流共振用リアクトルとして使用する代わりに1次巻線(4a)と直列に外付けの電流共振用リアクトル(39)を接続し、2次側の第1及び第2の整流用MOS-FET(7, 8)の取り付け位置を負極側から正極側に変更し、第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)の極性を互いに逆にし、第1及び第2の比較器(55, 57)の反転入力端子(-)及び非反転入力端子(+)をそれぞれ互いに入れ替えている。図13に示す同期整流型DC-DCコンバータの動作は、2次側回路に流れる整流出力電流 I_{s1} , I_{s2} の方向が図5とは逆になるため、第1及び第2の同期駆動パルス信号 V_{sc1} , V_{sc2} のオン期間が互いに入れ替わる点、及びドライブ回路のレベルが異なる点を除いて図5に示す実施例1の同期整流型DC-DCコンバータの動作と略同様となる。したがって、図13に示す同期

整流型DC-DCコンバータで得られる作用及び効果も実施例1の場合と略同様となる。また、実施例1の図1、図4及び実施例2～5についても前記と同様の変更が可能である。また、上記の各実施例1～5における2次側の第1及び第2の出力整流ダイオード(9,10)の代わりに第1及び第2の整流用MOS-FET(7,8)のドレインソース間の内蔵ダイオードを使用してもよい。また、上記の各実施例1～5ではトランス(4)の1次側回路をハーフブリッジ型の構成としたが、フルブリッジ型、プッシュプル型又はフォワード型の構成とすることも可能である。更に、トランス(4)の2次側の整流回路を半波整流型とすることも可能である。

【産業上の利用可能性】

【0035】

本発明は、電流共振方式の同期整流型DC-DCコンバータに効果が顕著である。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】 本発明による同期整流型DC-DCコンバータを電流共振方式の同期整流型DC-DCコンバータに適用した一実施の形態を示す電気回路図（実施例1）

【図2】 図1の電流検出用抵抗の検出電圧と各整流用MOS-FETの同期駆動パルス信号との関係を示すタイムチャート

【図3】 図1の各部の電圧及び電流を示す波形図

【図4】 図1の同期整流型DC-DCコンバータの変更実施の形態を示す電気回路図

【図5】 図4の同期整流型DC-DCコンバータの変更実施の形態を示す電気回路図

【図6】 本発明による同期整流型DC-DCコンバータの他の実施の形態を示す電気回路図（実施例2）

【図7】 図6の各部の電圧を示す波形図

【図8】 本発明による同期整流型DC-DCコンバータのもう一つの他の実施の形態を示す電気回路図（実施例3）

【図9】 図8の各部の電圧を示す波形図

【図10】 図8の同期整流型DC-DCコンバータの変更実施の形態を示す電気回路図

【図11】 実施例3の同期整流型DC-DCコンバータの変更実施の形態を示す電気回路図（実施例4）

【図12】 実施例4の同期整流型DC-DCコンバータの変更実施の形態を示す電気回路図（実施例5）

【図13】 本発明による同期整流型DC-DCコンバータの変形例を示す電気回路図

【図14】 従来の同期整流型DC-DCコンバータの一例を示す電気回路図

【図15】 図14の各部の電圧及び電流を示す波形図

【符号の説明】

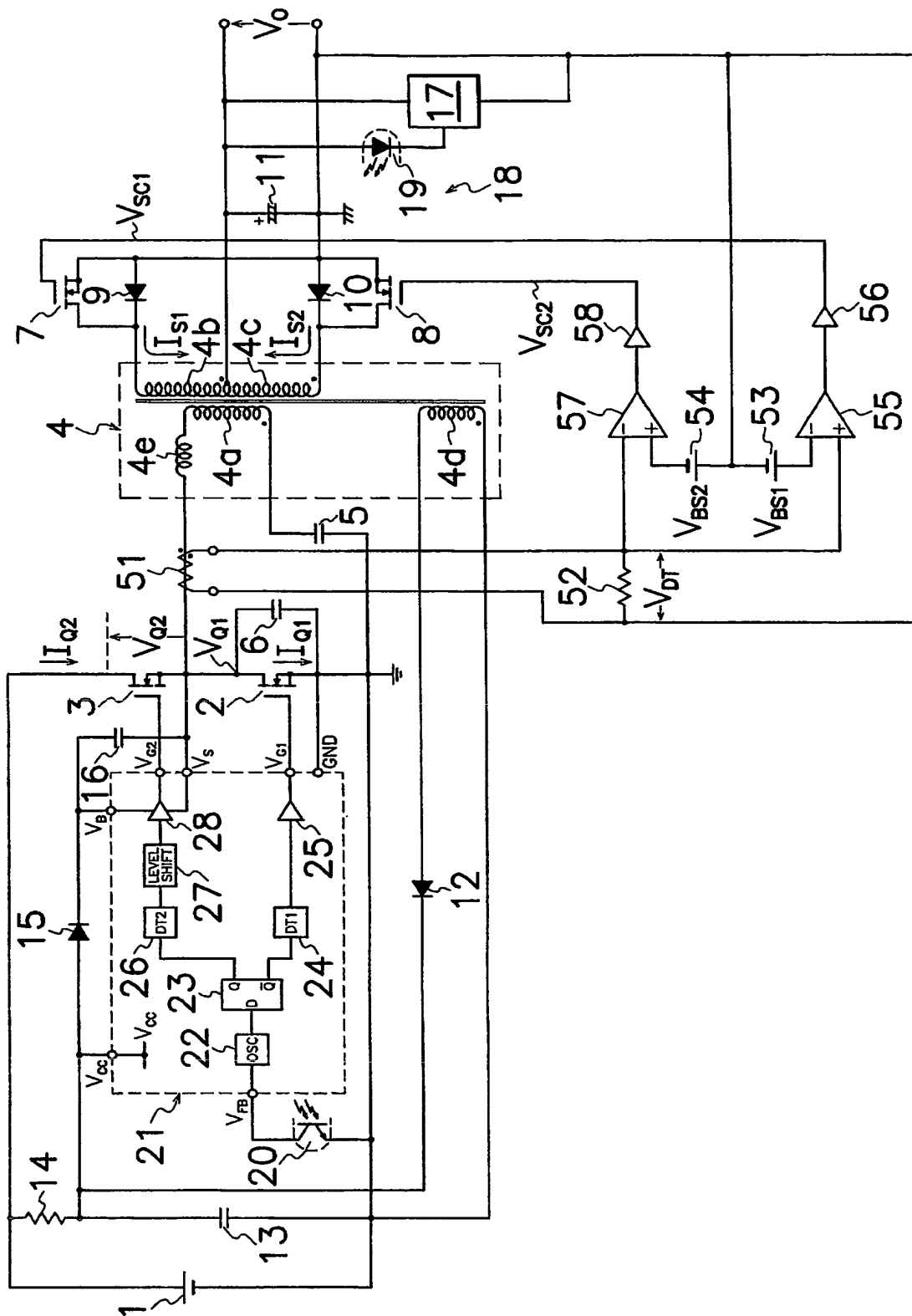
【0037】

(1)・・・直流電源、 (2)・・・第1の主MOS-FET（第1の主スイッチング素子）、
(3)・・・第2の主MOS-FET（第2の主スイッチング素子）、 (4)・・・トランス、
(4a)・・・1次巻線、 (4b,4c)・・・2次巻線、 (4d)・・・駆動巻線、 (4e)・・・漏洩インダクタンス、 (5)・・・電流共振用コンデンサ、 (6)・・・電圧擬似共振用コンデンサ、
(7)・・・第1の整流用MOS-FET（第1の整流用スイッチング素子）、 (8)・・・第2の整流用MOS-FET（第2の整流用スイッチング素子）、 (9)・・・第1の出力整流ダイオード、 (10)・・・第2の出力整流ダイオード、 (11)・・・出力平滑コンデンサ、
(12)・・・整流ダイオード、 (13)・・・平滑コンデンサ、 (14)・・・起動抵抗、 (15)・・・整流ダイオード、 (16)・・・平滑コンデンサ、 (17)・・・出力電圧検出回路、 (18)・・・フォトカプラ、 (19)・・・フォトダイオード、 (20)・・・フォトトランジスタ、 (21)・・・制御回路、 (22)・・・発振器、 (23)・・・Dフリップフロップ、 (24)・・・第1のデッドタイム付加回路、 (25)・・・ローサイド側バッファ増幅器、 (26)・・・第2のデッドタイム付加回路、 (27)・・・レベル変換回路、 (28)・・・ハイサイド側バッファ増幅器、

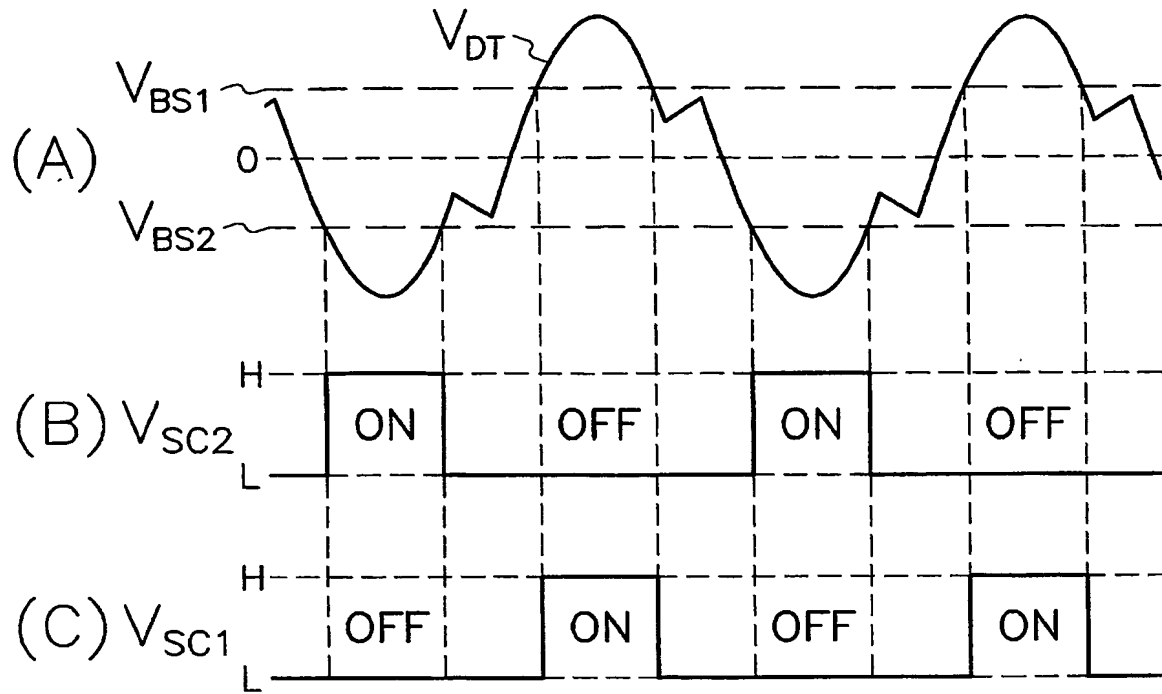
(29)・・・第1のコンデンサ、 (30)・・・第2のコンデンサ、 (31)・・・第1のパルストランス、 (32)・・・1次巻線、 (33)・・・2次巻線、 (34)・・・第2のパルストランス、 (35)・・・1次巻線、 (36)・・・2次巻線、 (37)・・・他の電流共振用コンデンサ、 (38)・・・他の電圧擬似共振用コンデンサ、 (39)・・・電流共振用リアクトル、 (51)・・・電流検出用トランス（電流検出手段）、 (52)・・・電流検出用抵抗、 (53)・・・第1の直流バイアス電源（バイアス手段）、 (54)・・・第2の直流バイアス電源（バイアス手段）、 (55)・・・第1の比較器（第1の比較手段）、 (56)・・・第1のバッファ増幅器、 (57)・・・第2の比較器（第2の比較手段）、 (58)・・・第2のバッファ増幅器、 (59)・・・バイアス電源、 (60)・・・オペアンプ（周波数信号発生手段）、 (61)・・・抵抗、 (62)・・・積分コンデンサ、 (63)・・・駆動用電源、 (64)・・・波形変換回路（波形変換手段）、 (65)・・・分流用コンデンサ、 (66)・・・電圧変換用抵抗、 (67, 68, 70)・・・抵抗、 (69)・・・バイアス電源

【書類名】 図面

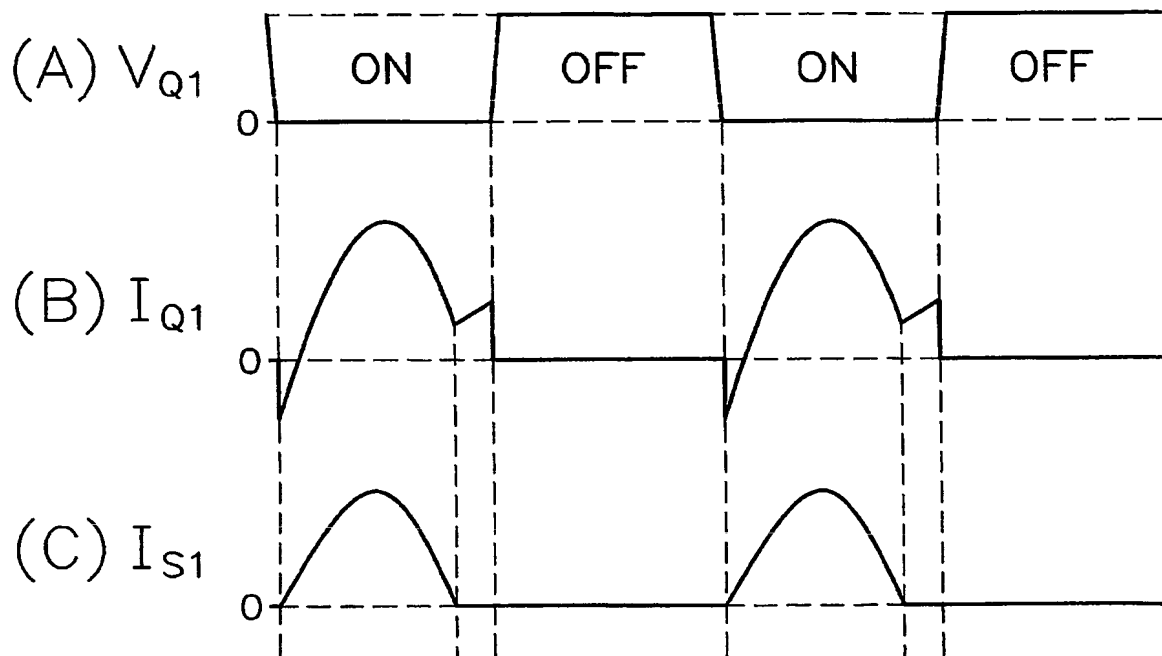
【図 1】



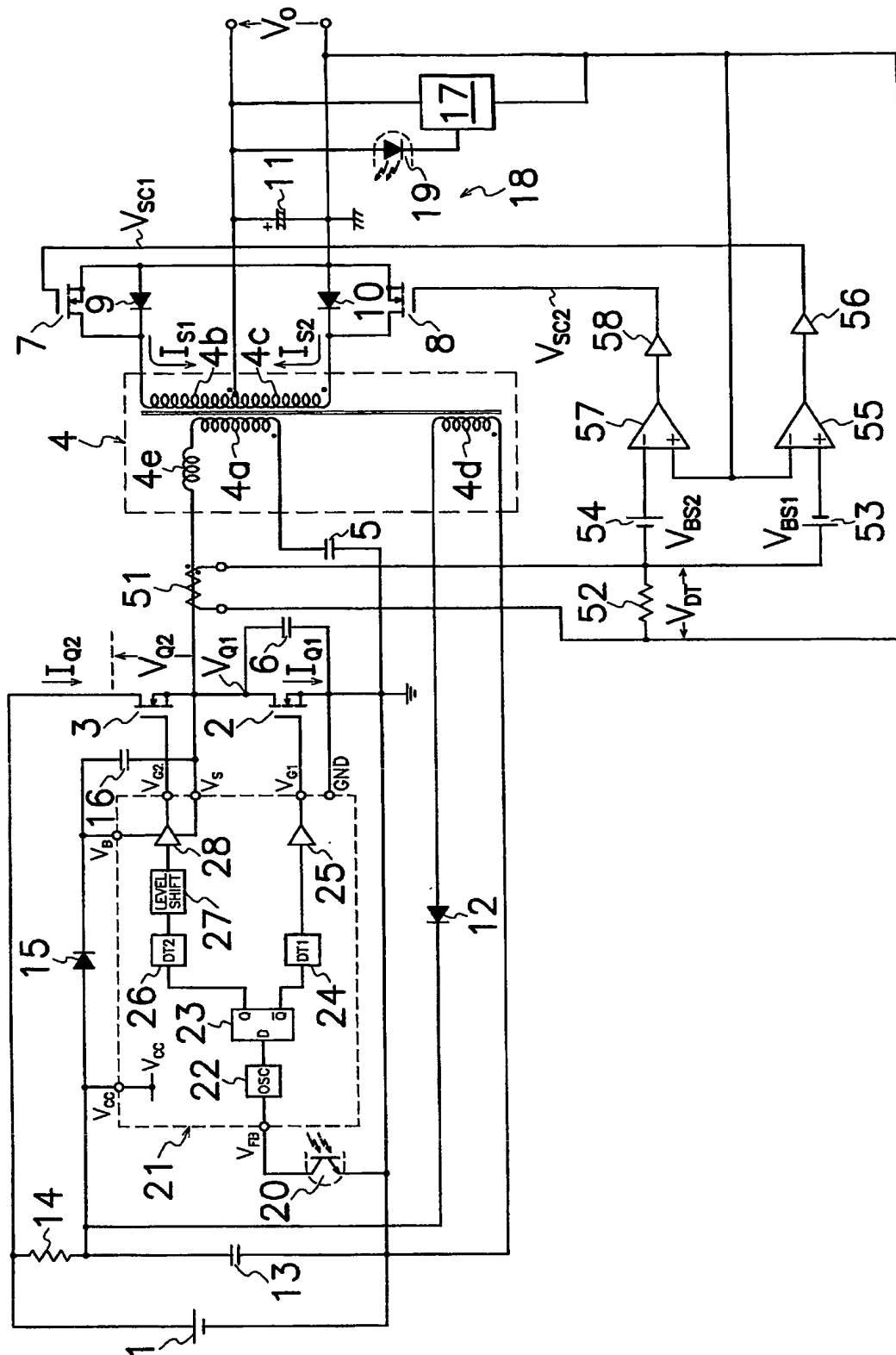
【図 2】



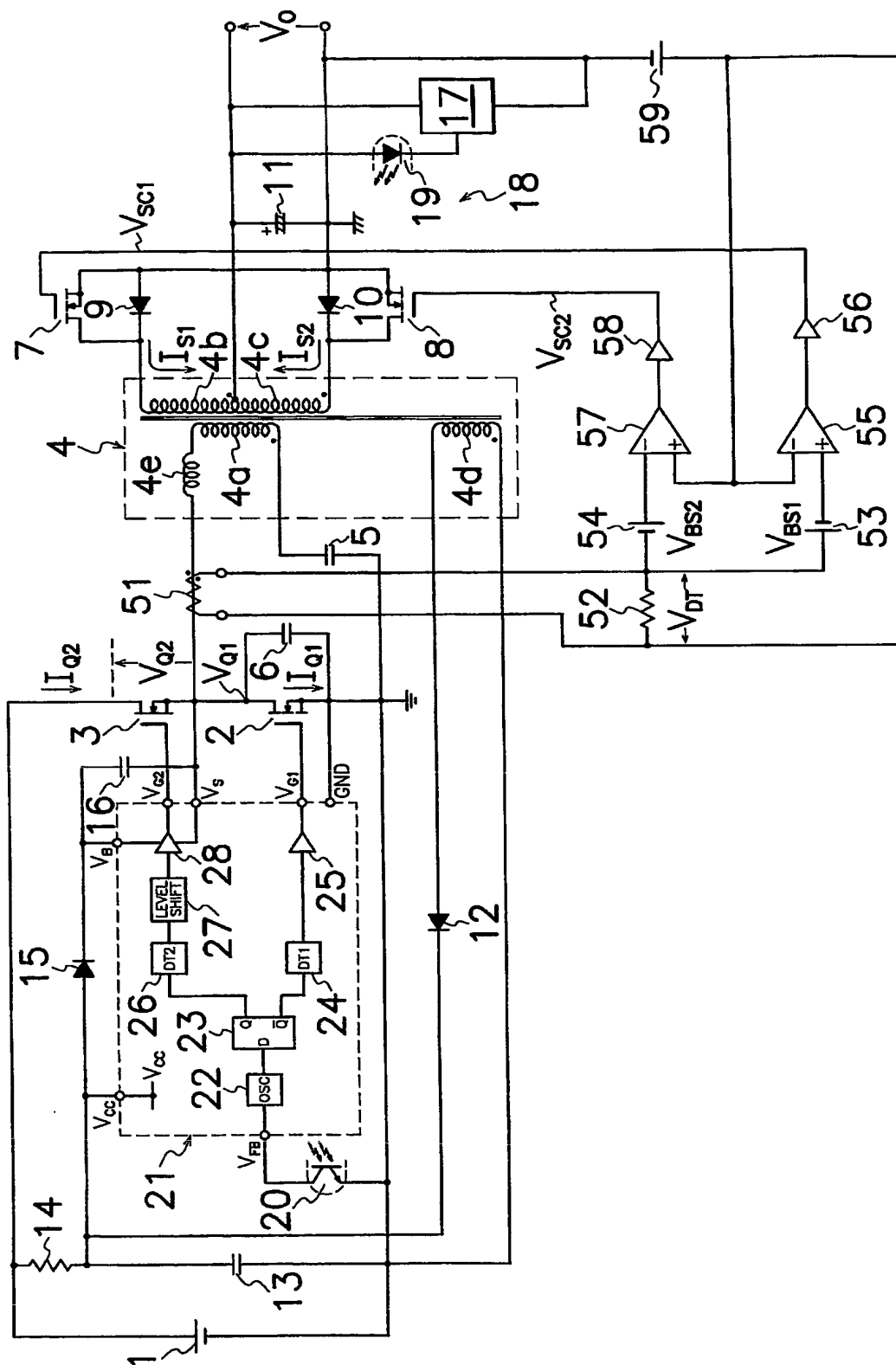
【図 3】



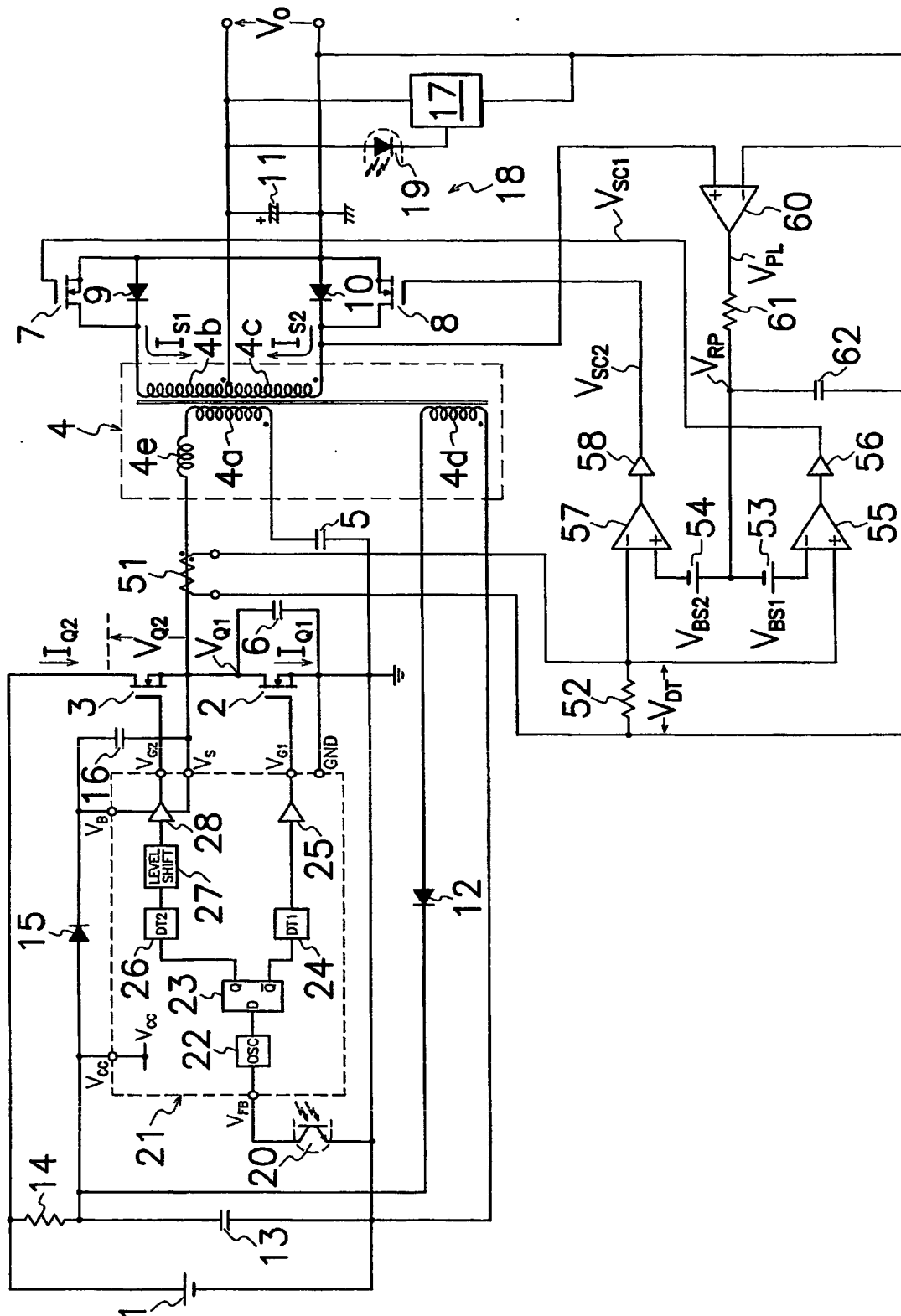
【図 4】



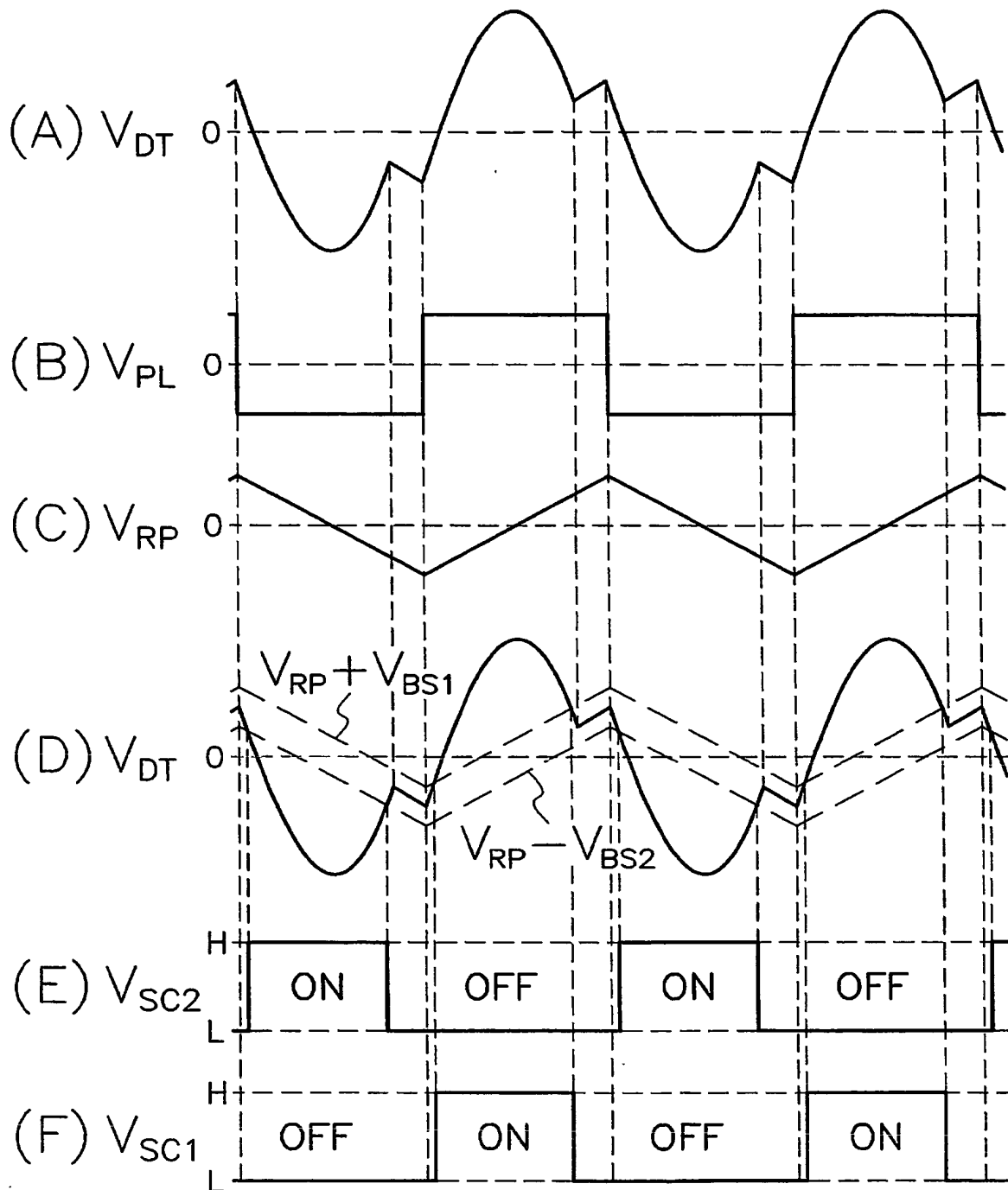
【図 5】



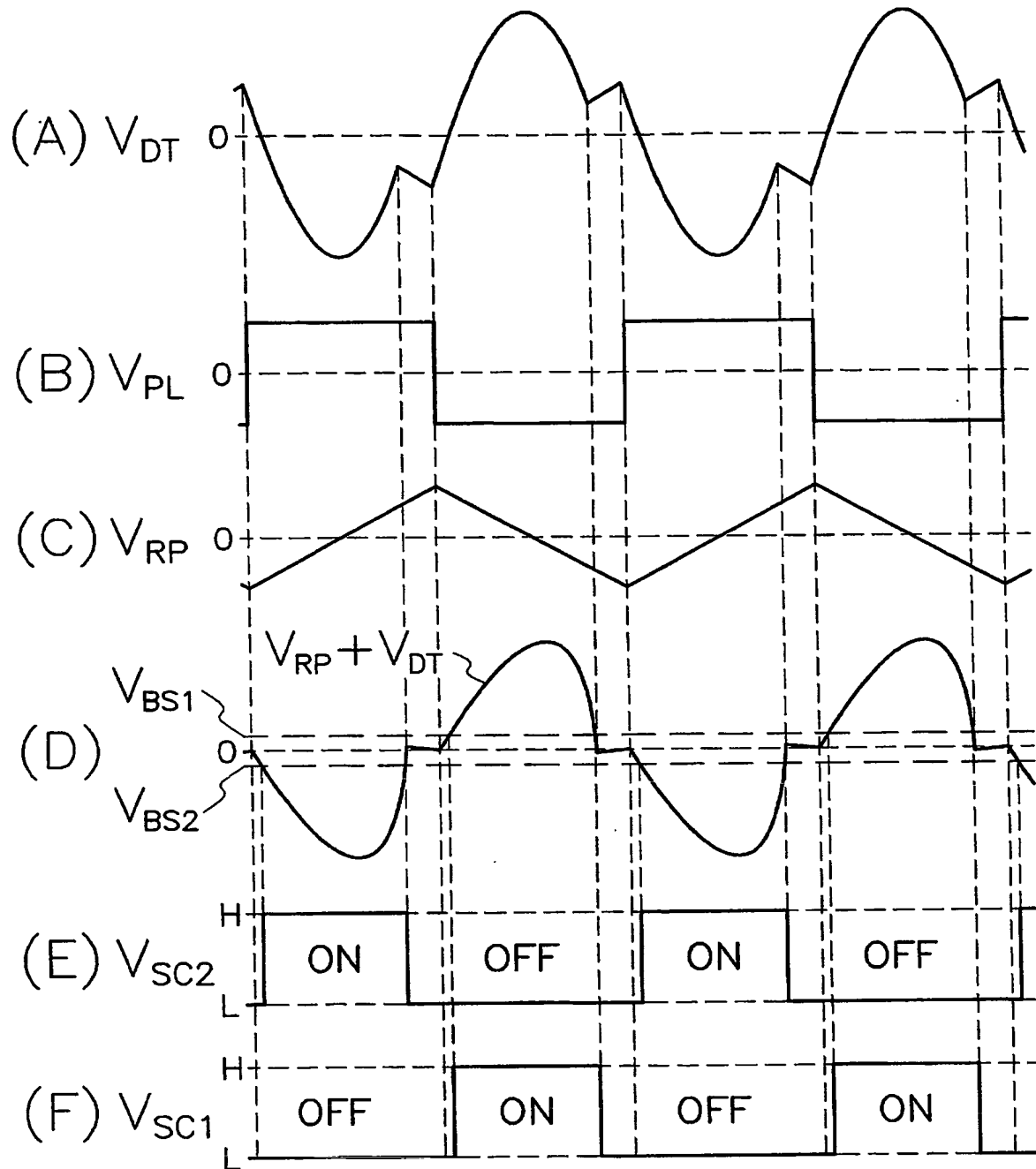
【図6】



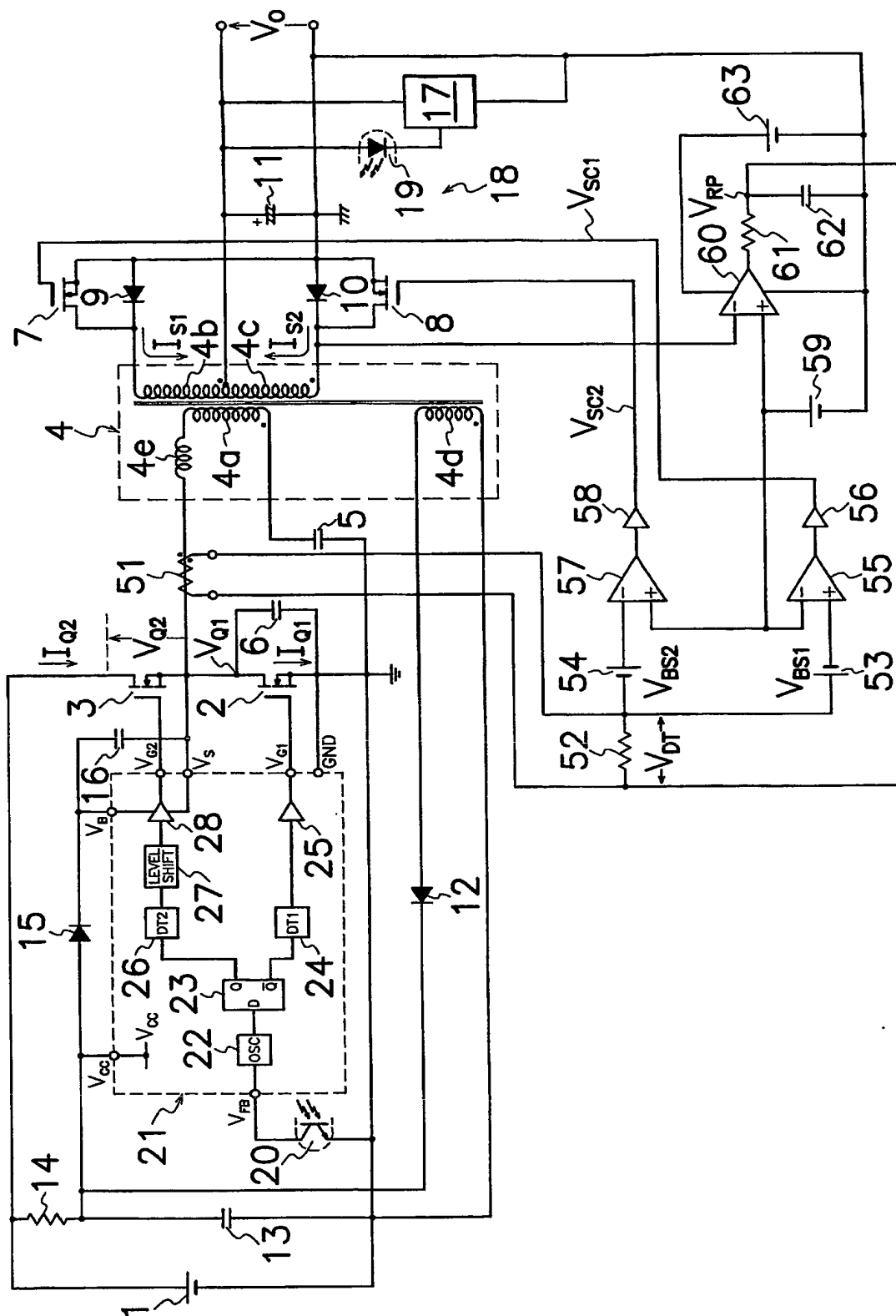
【図 7】



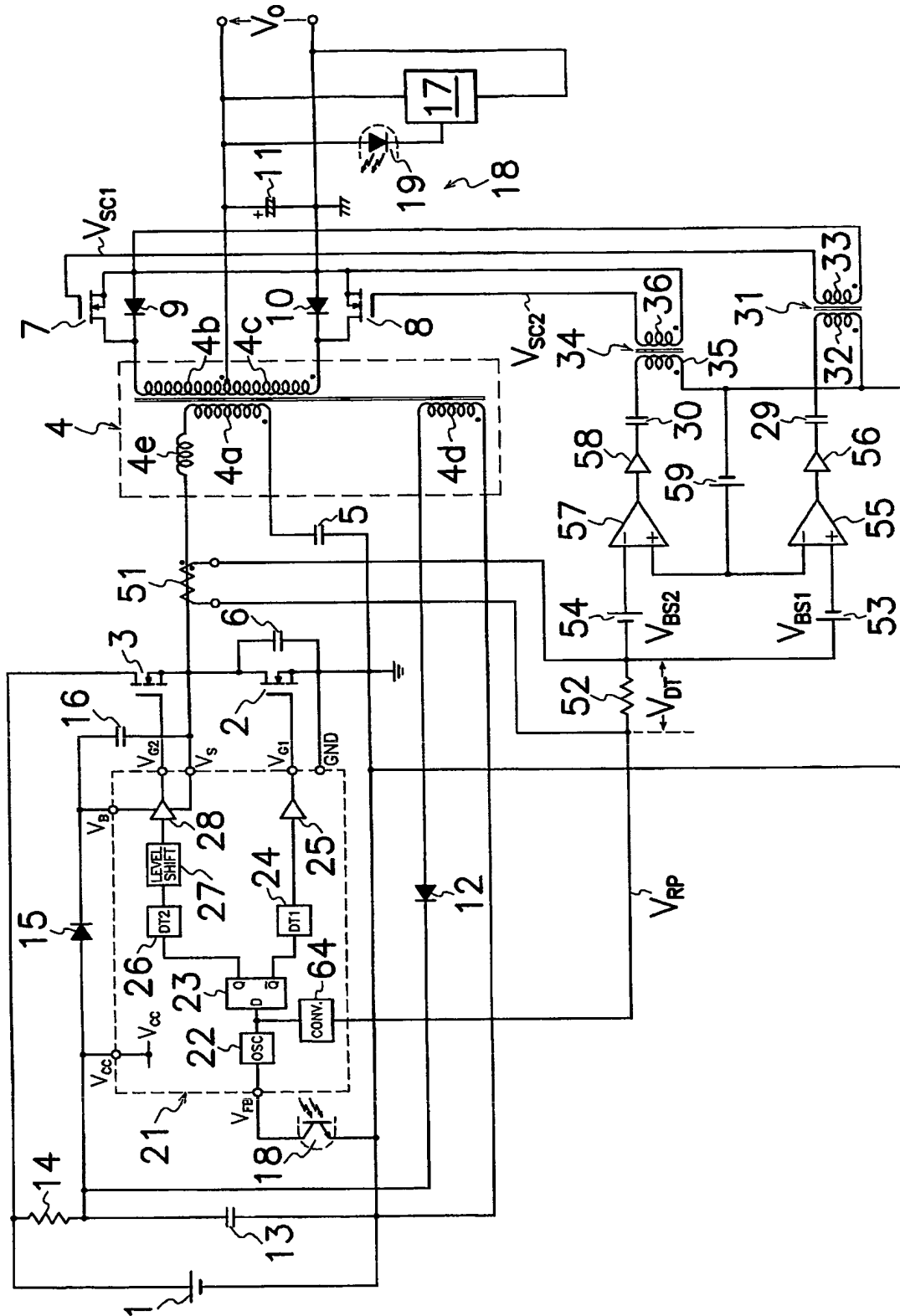
【図 9】



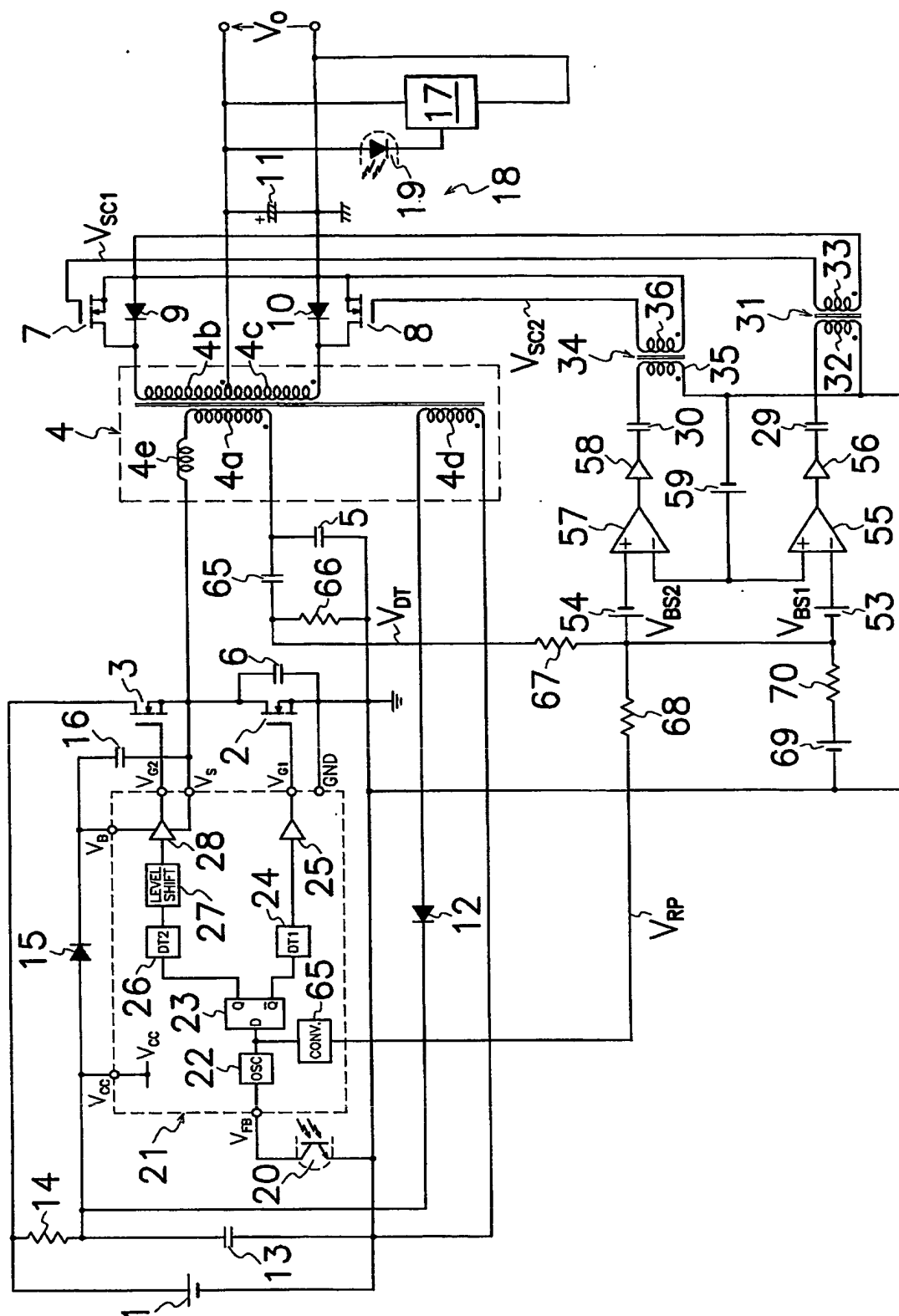
【図 10】



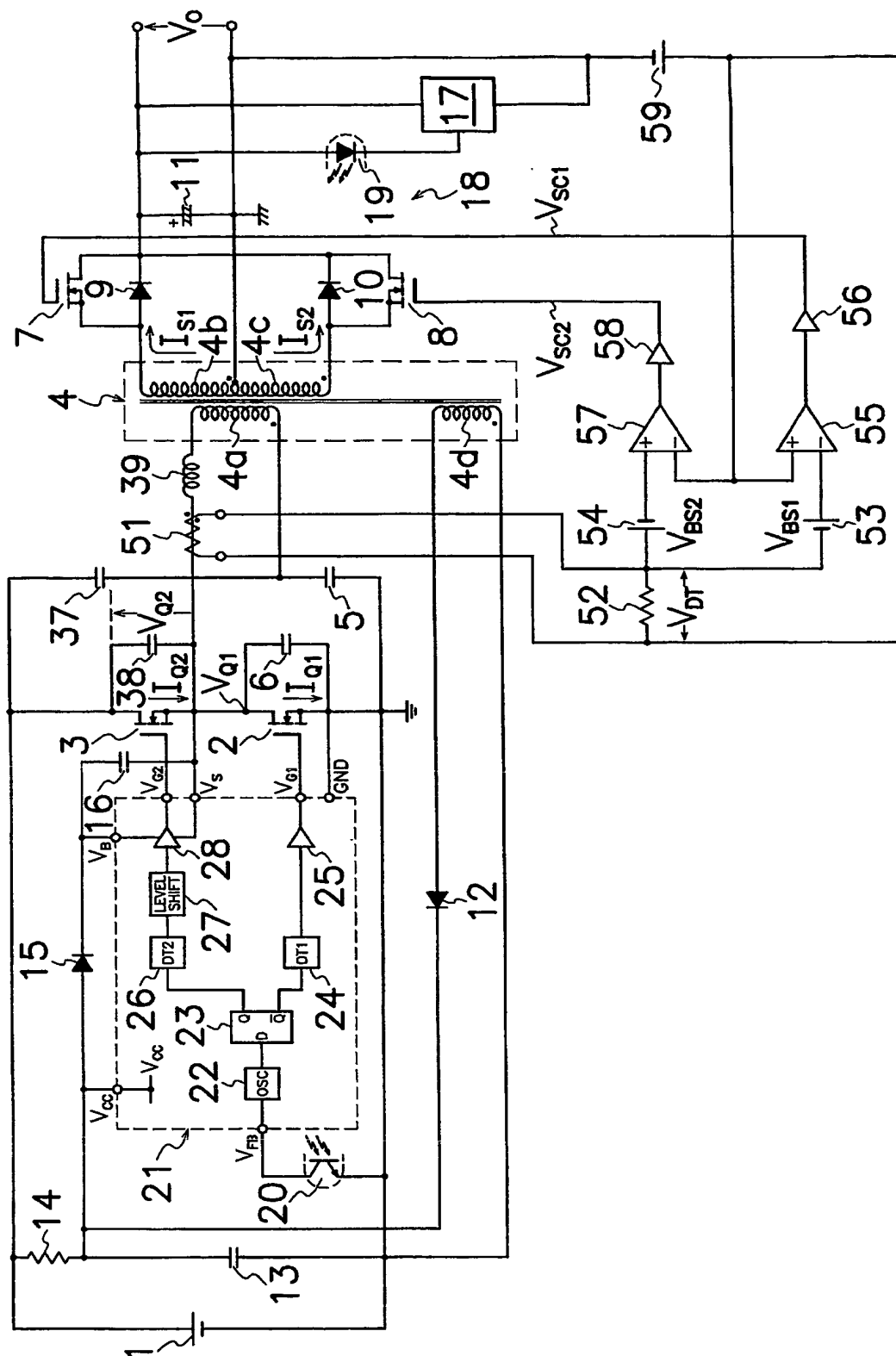
【図 11】



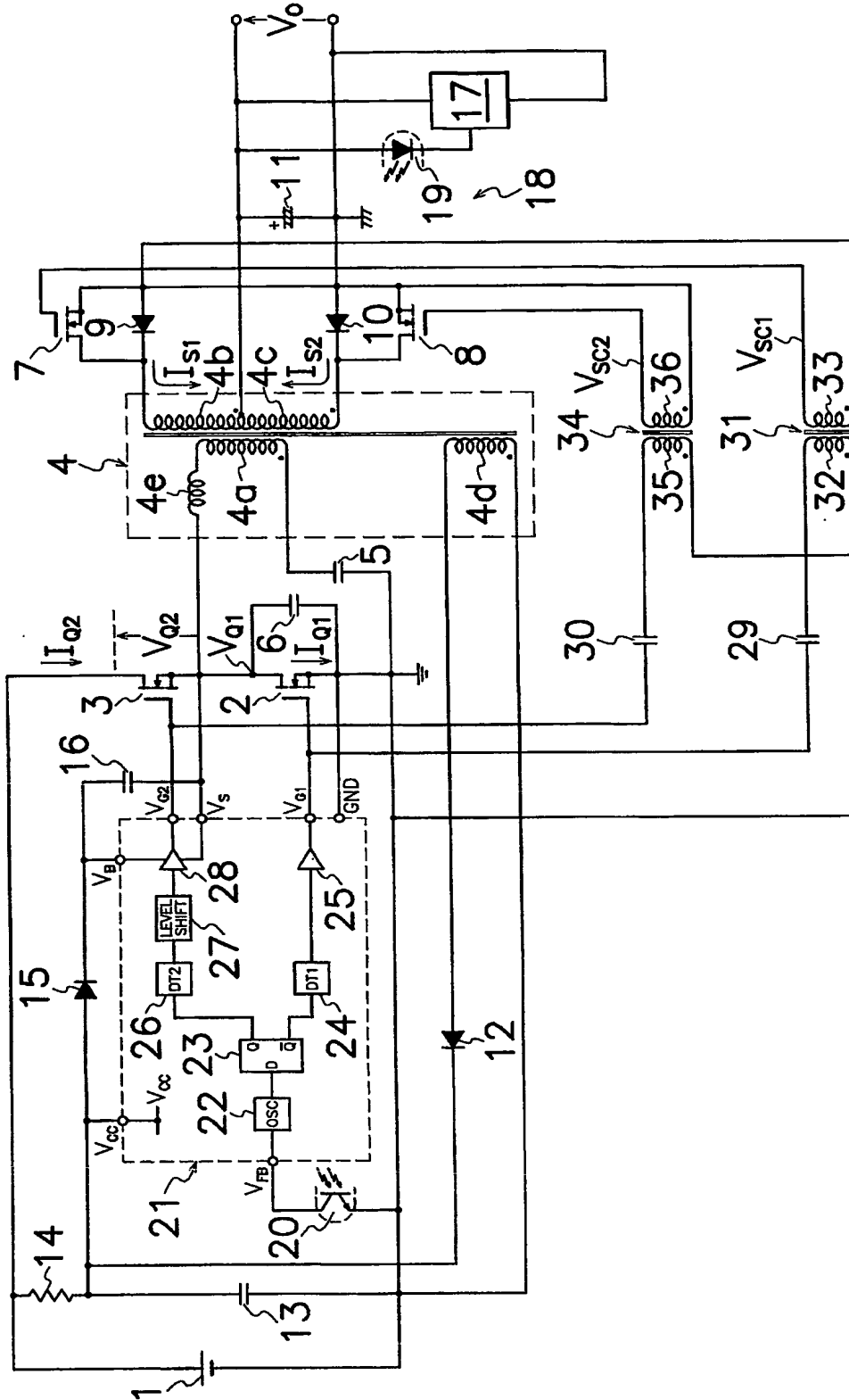
【图 12】



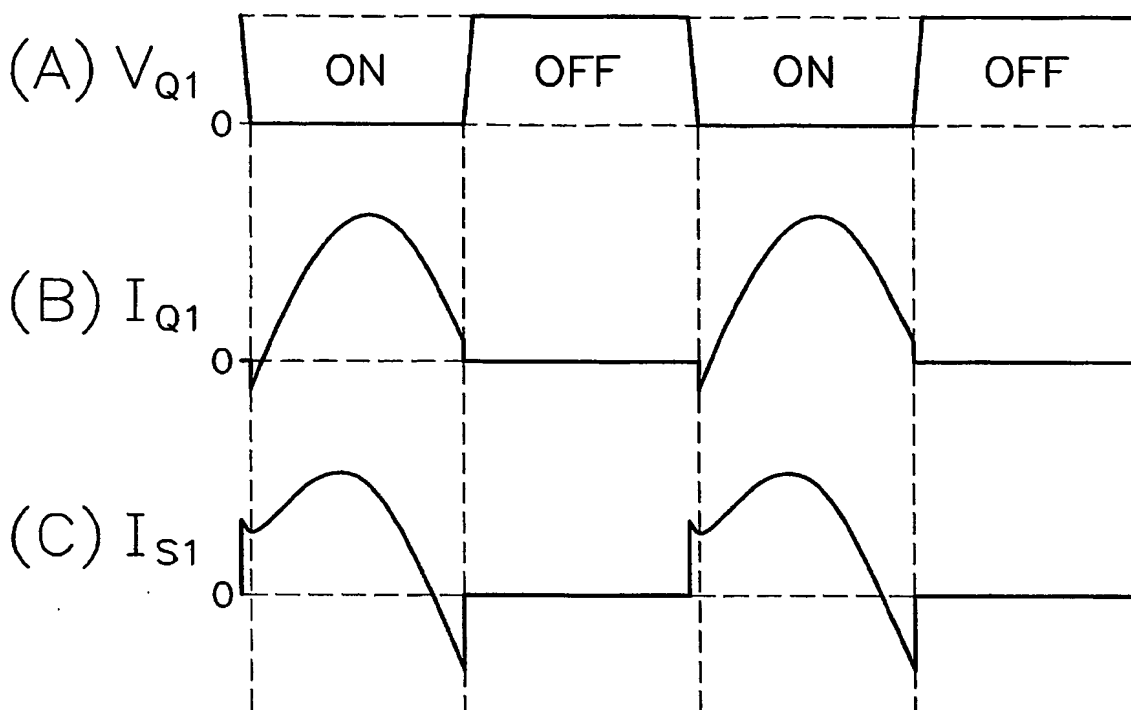
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 同期整流型DC-DCコンバータの2次側回路でのスイッチング損失を低減して変換効率を向上する。

【解決手段】 本発明による同期整流型DC-DCコンバータは、1次側回路に流れる電流(I_{Q1} , I_{Q2})を検出する電流検出用トランス(51)と、トランス(4)の励磁電流に対応する電圧よりも大きいバイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})を発生する第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)と、電流検出用抵抗(52)の検出電圧(V_{DT})が第1及び第2の直流バイアス電源(53, 54)のバイアス電圧(V_{BS1} , V_{BS2})を超えたとき、第1及び第2の整流用MOS-FET(7, 8)を駆動する第1及び第2の比較器(55, 57)とを備える。トランス(4)の励磁電流成分を除いた1次側回路の電流(I_{Q1} , I_{Q2})に同期して2次側回路の各整流用MOS-FET(7, 8)が駆動されるため、2次側回路の各整流用MOS-FET(7, 8)でのスイッチング損失を最小限に抑制して同期整流型DC-DCコンバータの変換効率を向上できる。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 3 1 0 3 5 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 0 6 2 7 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

埼玉県新座市北野 3 丁目 6 番 3 号

氏 名

サンケン電気株式会社